ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JANVIER 1957.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON BINET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Gaston Delépine**, élu Membre non résidant le 19 novembre 1956 en remplacement de M. *Henri Devaux*, décédé, est introduit en séance par M. le Secrétaire perpétuel pour les Sciences chimiques et naturelles.

M. le Président donne lecture de la Note publiée au *Journal Officiel de la République française* annonçant que, par décret du 27 décembre 1956, son élection a été approuvée ; il lui remet la médaille de Membre de l'Institut et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

Notice nécrologique sur M. Luc Picart, *membre non résidant*, par M. **Jules Baillaud**.

Notre confrère **Luc Picart**, décédé le 26 décembre dernier, était le doyen des astronomes français. Il était né à La Hardoye, dans les Ardennes le 4 juillet 1867. Entré à l'École Normale Supérieure à 18 ans, il en sortit en 1888 agrégé des sciences mathématiques; il entra aussitôt après à l'Observatoire de Bordeaux en qualité d'aide-astronome.

A cette époque l'Astronomie en France était encore orientée vers les travaux qui avaient dominé le XIX[e] siècle, l'étude du mouvement des astres du système solaire et la détermination des positions des étoiles sur la voûte céleste. Les données étaient obtenues visuellement par des observations successives des astres individuels. Le travail matériel d'observation et de calcul était considérable et, il faut le reconnaître, fastidieux. Un jeune astronome, quelle que fût sa valeur, devait tout d'abord faire son apprentissage d'observateur, passer les nuits l'œil à l'oculaire pour observer les astres un à un et se plier aux longs calculs routiniers que de telles observations demandaient. Luc Picart n'y manqua pas. De très nombreuses observations méridiennes pendant les quatre premières années

de son séjour à Bordeaux, puis des observations de comètes et de planètes firent de lui un excellent observateur; certaines de ses observations de comètes ont reçu des calculateurs d'orbites le poids le plus élevé.

Mais ce travail ne pouvait suffire à un esprit aussi distingué que le sien, ni sans doute le satisfaire. A côté de l'astronomie pratique, il s'adonna dès son arrivée à Bordeaux à des recherches théoriques qui aboutirent en 1892 à une thèse de doctorat sur la désagrégation des essaims météoriques. Schiaparelli avait émis l'idée, en 1867, que les étoiles filantes sont des corpuscules de masse très faible faisant partie d'essaims qui constituaient primitivement des noyaux de comètes et qui s'étaient désagrégés sous l'action de l'attraction du Soleil ou des planètes très voisines; les corpuscules s'étaient répartis alors progressivement le long d'une orbite commune. Si la Terre vient à couper une telle orbite, il se produit une pluie d'étoiles filantes : Schiaparelli avait examiné les circonstances de la chute des météores et expliqué les variations qu'on observe dans ce phénomène, mais il ne s'était pas préoccupé de rechercher sous quelles conditions se produisaient la désagrégation d'un essaim, pas plus que d'en expliquer le mécanisme. Luc Picart entrepris cette étude et la conduisit avec une rare élégance. Les résultats auxquels il arriva devinrent classiques. Ils ont fait l'objet d'un chapitre du *Traité de Mécanique céleste* de Tisserand et ont été utilisés en particulier par Bart J. Bok, d'« Harvard College Observatory » dans un important travail publié en 1934.

Luc Picart aborda ensuite l'étude de la rotation d'un corps variable, la Terre en l'espèce. On sait que sa rotation ne s'effectue pas tout d'une pièce à la manière d'un corps solide. La position du pôle se déplace à sa surface, ce qui entraîne dans les latitudes de petites variations dans lesquelles Chandler avait mis en évidence une période de 430 jours. Luc Picart put élucider quelques particularités de ce phénomène : Discutant ses résultats et ceux obtenus par d'autres savants, il conclut que l'explication de la période de Chandler réside dans la déformation élastique du globe et qu'il suffit d'attribuer à l'ensemble de la Terre un coefficient d'élasticité voisin de celui de l'acier pour retrouver cette période.

Ces deux importants travaux avaient classé Luc Picart parmi les meilleurs spécialistes de la Mécanique céleste; aussi, en 1898, la succession de Souillart, lui-même un spécialiste de cette science, lui fut-elle offerte par l'Université de Lille. Quoique, dès 1892 alors qu'il avait à peine 25 ans, il eut été nommé astronome adjoint, fonction importante dans les observatoires, et qu'il eut été chargé d'une maîtrise de conférence à la Faculté des Sciences, il accepta de quitter Bordeaux pour ne garder à Lille qu'une charge d'enseignement. Libéré des travaux assujettissants de l'astronomie pratique, il pouvait ainsi profiter de sa plus grande indépendance pour activer ses recherches théoriques.

Des publications sur des sujets divers de Mécanique céleste et de Mathématiques marquent les années de son séjour à Lille. Citons en particulier des études sur l'Équation de Gylden généralisée, sur l'Invariant intégral de Poincaré, sur la suppression des essais dans le calcul des orbites paraboliques, sur quelques relations simples entre les fonctions de Bessel, sur une hypothèse concernant l'origine des satellites. Le travail le plus important qu'il effectua alors se rapporte à la capture des comètes par le système solaire. Est-il possible qu'un astre de masse très petite qui, primitivement ne faisait pas partie du système solaire reste dans ce système lorsque son mouvement l'y introduit ? Luc Picart a obtenu en réponse à cette question des résultats très intéressants; il a pu montrer que les satellites alors connus ont été, dès l'origine, très voisins des planètes et qu'ils resteront dans leur voisinage.

En 1906 la mort enleva à l'Observatoire de Bordeaux son directeur Rayet. L'Astronomie française traversait alors une crise difficile; elle venait de subir coup sur coup des pertes de personnel exceptionnellement nombreuses; presque la moitié des astronomes les plus distingués avaient disparu. On n'aurait pu trouver dans le personnel restreint des observatoires un savant digne de remplacer Rayet à Bordeaux. Les personnalités dirigeantes de l'Astronomie française furent conduites à chercher leur candidat parmi les savants ayant quitté la carrière des observatoires. Bien que, en occupant la chaire de Souillart, Luc Picart eut montré ses préférences pour des travaux de théorie, il accepta de revenir à Bordeaux. Il n'ignorait pas que les charges d'un directeur d'observatoire l'obligeraient à abandonner en grande partie ses propres recherches. Un directeur d'observatoire doit remplir des fonctions d'administrateur et de directeur scientifique. A ce dernier titre son influence sur l'orientation et sur le rendement des travaux de l'établissement est capitale. La charge est lourde lorsque l'Observatoire est engagé dans des travaux de longue durée qu'il faut mener à bonne fin et qui engagent la responsabilité non d'un astronome particulier mais de l'observatoire tout entier. C'était le cas de l'Observatoire de Bordeaux, un des quatre observatoires français chargés d'une zone de la Carte du Ciel. Rayet avait mis l'œuvre en train. Il en avait arrêté le programme, établi les méthodes; en réalité il avait effectué tout ce qui pouvait le plus intéresser un esprit distingué et original. Son successeur devait prendre la suite de l'œuvre commencée, la terminer, assurer son exactitude. Luc Picart accepta avec courage ce travail qu'on peut considérer comme anonyme et désintéressé. Il le mena avec un plein succès, s'appliquant à perfectionner l'outillage scientifique utilisé et les méthodes en jeu. A côté de l'achèvement de l'œuvre commencée, sa préoccupation principale fut de préparer les recherches auxquelles la Carte du Ciel devait servir de base, tout particulièrement la détermination des mouvements

propres. Pour cela, il dote son observatoire d'un instrument alors nouveau, le blink comparateur, propre à la recherche des mouvements propres sur les clichés stellaires; il en étudia l'application. Il apporta à l'instrument méridien de Bordeaux les derniers perfectionnements connus afin qu'il pût fixer avec la plus grande exactitude la position des étoiles qui devaient servir de repères. Il orienta ses propres recherches vers des sujets plus rapprochés de l'astronomie pratique photographique. Sur les clichés stellaires de la Carte du Ciel apparaissent fort souvent des petites planètes; leurs images ne sont pas rondes comme celles des étoiles; par suite de leur mouvement pendant la pose elles laissent sur le cliché une traînée qu'on peut considérer comme un petit élément de leur orbite. Luc Picart étudia comment on peut utiliser cette traînée pour le calcul d'une première orbite circulaire. Ce travail le conduisit à établir un critérium pour l'identification des petites planètes et à approfondir les méthodes de calcul d'orbites. Il effectua aussi une étude statistique des étoiles faibles dans une région limitée de la Voie Lactée de la zone de Bordeaux, étude dont la conclusion vint à l'appui de ce qui n'était alors qu'une hypothèse mais qui a été bien démontré depuis, que notre galaxie dans son ensemble a la forme d'une spirale.

Sous son impulsion l'activité de l'Observatoire s'est développée dans tous les domaines; le nombre et l'importance des publications de cet établissement en témoigne : sept volumes du *Catalogue photographique du Ciel*, 720 planches de la *Carte du Ciel*, quatre forts volumes d'annales, deux volumes d'observations méridiennes, un volume de mouvements propres, ont marqué son passage à la direction de l'Observatoire. Sans doute cette œuvre a-t-elle été accomplie par une équipe d'astronomes et de calculateurs de valeur; mais il n'est que juste d'en reporter le mérite principal à leur animateur.

Dans la période difficile qui a été ouverte en France par la première guerre mondiale, alors que nous manquions d'instruments appropriés aux recherches nouvelles et que nos ressources s'amenuisaient, Luc Picart a su maintenir l'Observatoire dont il avait la charge en pleine production. Cette réussite, plus encore que le succès de ses propres recherches, mérite notre reconnaissance et justifie les honneurs qui lui furent accordés : Il était membre correspondant du Bureau des Longitudes depuis 1913; notre Compagnie l'avait élu correspondant en 1925 et membre non résidant en 1936. Il avait été Doyen de la Faculté des Sciences de Bordeaux pendant 11 ans.

CANCÉROLOGIE. — *Sur l'activité cancérogène du* 3.4-9.10-*dibenzopyrène et de quelques-uns de ses dérivés.* Note de MM. **Antoine Lacassagne, François Zajdela, N. P. Buu-Hoï** et Mme **Huguette Chalvet.**

Une expérience entreprise pour vérifier l'indication fournie par les chimistes théoriciens, que le 3.4-9.10-dibenzopyrène devait être une substance fortement cancérogène, a pleinement confirmé cette prédiction.

Nous apportons aujourd'hui un nouvel argument en faveur de la théorie électronique de l'activité cancérogène des hydrocarbures, à laquelle une équipe de travailleurs de l'Institut du Radium s'efforce depuis longtemps de trouver des arguments expérimentaux ([1]), et dont l'état actuel a été présenté dans une publication récente ([2]).

Déjà une expérience ayant consisté à vérifier sur l'animal le pouvoir cancérogène de substances chimiques nouvelles, dont l'ordre des activités avait été préalablement calculé théoriquement, donna un résultat assez satisfaisant ([3]). Depuis, les méthodes théoriques de prévision de l'activité cancérogène ont conduit à supposer que cette dernière propriété devait se trouver à un degré marqué chez le 3.4-9.10-dibenzopyrène ([4]), ([5]). Nous avons donc entrepris de vérifier chez l'animal l'exactitude de cette anticipation, car l'étude de cet hydrocarbure n'a encore jamais été effectuée à ce point de vue, alors que, parmi les cinq dibenzopyrènes possibles (et qui ont tous été synthétisés), le 1.2-3.4- et le 3.4-8.9- ont déjà été reconnus cancérogènes ([6]).

A partir du 25 juin 1956, trois lots de souris de la lignée XVII ont reçu respectivement trois injections sous-cutanées, à un mois d'intervalle, de 0,6 mg d'un des trois composés suivants dissous dans l'huile neutralisée d'arachide : 3.4-9.10-dibenzopyrène (I), 5-méthyl-3.4-9.10-dibenzopyrène (II) et 5.8-diméthyl-3.4-9.10-dibenzopyrène (III), synthétisés dans notre laboratoire avec la collaboration de Mlle D. Lavit ([7]).

CH_3 CH_3 CH_3

(I) (II) (III)

Simultanément on commença, sur d'autres lots de souris, des applications cutanées de ces mêmes substances, l'expérience étant rendue malaisée par leur très faible solubilité dans les solvants usuels.

Le résultat de l'expérience avec le 3.4-9.10-dibenzopyrène a été des plus concluantes. Les 11 animaux ont tous présenté des sarcomes au lieu d'injection, déjà perceptibles chez plusieurs d'entre eux au 42e jour; tous étaient morts des progrès de leur cancer au 135e jour après le début de l'expérience.

Le 5-méthyl-3.4-9.10-dibenzopyrène s'est montré actif à un degré beaucoup moindre, puisque actuellement trois animaux seulement sur dix ont été atteints de sarcomes après une latence de l'ordre de 150 jours. Quant au 5.8-diméthyl-3.4-9.10-dibenzopyrène, il paraît inactif, ou très faiblement actif, aucune tumeur n'ayant été encore décelée parmi les 12 animaux injectés.

Une première constatation est à remarquer. Dans la série du 3.4-9.10-dibenzopyrène, l'introduction de radicaux méthyles en position *méso*-anthracénique fait décroître l'activité cancérogène au lieu de l'augmenter, comme c'était la règle chez tous les types d'hydrocarbures anthracéniques étudiés jusqu'à présent [6].

D'autre part, nous avons présenté cette Note préliminaire avant l'achèvement complet de l'expérience entreprise, en raison d'une publication récente [8] d'après laquelle le 3.4-9.10-dibenzopyrène serait présent en quantité notable dans les fractions neutres du goudron de tabac.

Dans ces conditions, il importe enfin de remarquer que ces résultats viennent à l'appui de ceux qui, comme nous-mêmes [9], mettaient en doute que le 3.4-benzopyrène, détecté en faible quantité dans le goudron de tabac (et moins cancérogène que le 3.4-9.10-dibenzopyrène) fut l'unique ou la principale substance à incriminer, pour expliquer le pourcentage notablement plus élevé de cancers du poumon, constaté par les statisticiens chez les gros fumeurs de cigarettes.

(1) A. Lacassagne, N. P. Buu-Hoï, R. Daudel et G. Rudali, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 282.

(2) A. Lacassagne, N. P. Buu-Hoï, R. Daudel et F. Zajdela, *Advances in Cancer Research*, **4**, 1956, p. 315 (Academic Press, New York).

(3) F. Zajdela et N. P. Buu-Hoï, *Acta : Unio. int. cont. cancrum*, **7**, 1950, p. 186.

(4) H. Chalvet et O. Chalvet, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1221.

(5) A. Pullman et B. Pullman, *Cancérisation par les substances chimiques et structure moléculaire*, 1955 (Masson, Paris).

(6) *Voir* la littérature dans J. L. Hartwell, *Survey of compounds which have been tested for carcinogenic activity*, 1951 (P. H. S., Bethesda).

(7) N. P. Buu-Hoï et D. Lavit, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, **75**, 1956, p. 1194.

(8) J. Bonnet et S. Neukomm, *Helv. Chim. Acta*, **31**, 1956, p. 1724.

(9) A. Lacassagne, *Canad. med. Assoc. J.* (sous presse).

ÉCONOMIE RURALE. — *La fièvre aphteuse. Étude et ultime leçon d'une grande épizootie* (1951-1956). Note de M. **Gaston Ramon.**

Depuis l'année 1951, l'Europe est aux prises avec une épizootie très sévère de fièvre aphteuse. Dans plusieurs Notes successives, nous en avons relaté, devant l'Académie, l'évolution; nous avons fait connaître les méthodes employées pour combattre le fléau et les résultats obtenus ([1]).

Du bilan récapitulatif, à ce jour, de cette épizootie qui dure depuis six années, nous tirerons les enseignements et l'ultime leçon qui s'imposent ([2]).

Jusqu'au début de l'automne 1950, la fièvre aphteuse existait à l'état sporadique ou enzootique, sans grande tendance à la propagation, dans divers pays de l'Europe occidentale : l'Allemagne, la France, l'Italie, etc.

A dater du mois de juin 1951, une vague épizootique prend naissance en Allemagne provoquée d'abord par une variante de virus du type A, la variante A^5. S'amplifiant rapidement, cette vague submerge en quasi-totalité, durant l'automne 1951, le territoire de l'Allemagne de l'Ouest (Fédérale); elle déferle alors sur les Pays-Bas, la Belgique, pour gagner bientôt la France et l'Angleterre. Elle est endiguée en Suisse, puis s'infiltre en Italie. Par la Bavière elle pénètre en Autriche. D'un autre côté, du Schleswig-Holstein elle s'étend sur le Danemark, pour gagner la Suède et toucher la Norvège. Dans le même temps, elle se dirige par l'Allemagne de l'Est vers la Pologne, la Tchécoslovaquie pour s'étendre plus loin encore. Après être parvenue à son sommet fin 1951 ou 1952, la courbe de l'épizootie a fait une chute plus ou moins brusque suivant les pays, à partir de la fin de l'année 1952 et en 1953.

Bien que s'abaissant à un niveau très bas, dans la plupart des pays où elle avait sévi dans toute son ampleur, la fièvre aphteuse demeure dans ces pays à l'état enzootique avec des fluctuations variées, pendant les années 1954-1955. Pour certains d'entre eux, une recrudescence de l'épizootie se fait sentir en 1955 et en 1956.

En Italie, pendant l'année 1955, on a enregistré plus de 12 000 *foyers nouveaux* ([3]).

En France, au cours de l'année 1956 ont été décelés pas moins de 6 000 foyers nouveaux; en décembre il était signalé 1 458 foyers répartis dans 79 départements.

Une nouvelle vague épizootique qui a pour point de départ l'Allemagne menace actuellement d'envahir l'Europe centrale et orientale. Cette fois, en Allemagne, la vague épizootique n'est pas due à un seul type de virus comme en 1951 (variante A^5) mais les types ou variantes de virus : A, O, C, A^5, O^2 étaient simultanément en cause. Au mois de novembre dernier, on dénombrait 540 foyers nouveaux répartis dans les différentes provinces de l'Allemagne fédérale et dans la première quinzaine de décembre, on signalait des foyers au Luxembourg, en Autriche, en Pologne et au Danemark et dans les premiers jours de janvier 1957, en Tchécoslovaquie et en Hongrie.

Les renseignements épidémiologiques que nous venons de fournir s'appliquent exclusivement aux Pays qui ont basé, pour le principal, la *lutte contre le fléau aphteux, sur l'usage de la vaccination anti-aphteuse.*

Pour les pays qui ont mis en œuvre le *système de l'abattage* des animaux malades ou contaminés, la Grande-Bretagne, la Norvège, la Suède, la Suisse, auxquels nous joindrons le Canada, il en a été autrement. Les foyers

étant éteints dès leur apparition, par l'abattage des animaux qu'ils renfermaient, la fièvre aphteuse ne pouvait se propager, aussi ces pays n'ont-ils eu qu'un nombre relativement très faible de foyers.

C'est ce que montre le tableau ci-joint.

BILAN RÉCAPITULATIF DE L'ÉPIZOOTIE APHTEUSE POUR CERTAINS PAYS (DE 1950 A 1956).

GROUPE I. — *Pays dont la lutte contre l'épizootie aphteuse a été basée*, pour le principal, *sur la pratique de la vaccination*.

	Nombre total de foyers nouveaux (1950-1956).
Allemagne	213 355
Belgique	63 155
France	348 251
Italie	82 379

GROUPE II. — *Pays ayant mis en œuvre* régulièrement *le système reposant sur l'abattage immédiat des animaux malades ou contaminés et sur l'application des règlements et mesures sanitaires*.

	Nombre total de foyers nouveaux (1950-1956).
Grande-Bretagne	714
Norvège	4
Suède	835
Suisse	574
Canada	29

GROUPE III. — *Pays qui ont utilisé en premier lieu la vaccination* puis ensuite et conjointement, *la vaccination et l'abattage*.

	Nombre total de foyers nouveaux (1950-1956).
Pays-bas (*)	29 549
Danemark (*)	28 072

(*) Les Pays-Bas ont eu recours à l'abattage au déclin de l'épizootie 1952 ;à partir du milieu de l'année le Danemark à dater de mai 1953.

A l'examen de ce tableau, on remarque, les différences considérables qui existent entre les deux premiers groupes de pays quant au nombre de foyers nouveaux.

Ainsi que le prouve le bilan que nous venons de dresser et comme nous l'avons montré à diverses reprises, dans l'état actuel de nos connaissances immunologiques *la vaccination utilisée comme moyen principal de lutte contre la fièvre aphteuse*, n'a pu et ne peut arrêter, à elle seule, la marche de l'épizootie; elle n'a aucune action sur les porteurs de virus qui entretiennent, perpétuent et propagent le contage; elle n'a pu et ne peut empêcher les retours offensifs de l'épizootie; elle ne peut assurer la prophy-

laxie générale de la fièvre aphteuse, en raison notamment du faible degré et de la courte durée de l'immunité qu'elle est capable de conférer [4].

Aucun des pays tels que l'Allemagne, la Belgique, la France, l'Italie, qui ont employé la vaccination comme moyen principal de lutte n'ont pu se libérer depuis près de six ans de la fièvre aphteuse.

On peut citer un fait particulièrement démonstratif de l'impuissance de la vaccination dans la lutte contre l'épizootie aphteuse :

Le *département du Cantal* avait été choisi, en 1952, pour des essais de vaccination généralisée. Ces essais ont été pratiqués fin 1952 et début de 1953. D'autres vaccinations en masse ont été effectuées en 1955, dans ce même département. Or, depuis plusieurs années, il est parmi les départements les plus infectés de France, sinon le plus infecté. De juin 1954 à novembre 1956, il a été signalé dans le Cantal : 1 485 foyers nouveaux. Au mois d'août 1956, alors que dans la France entière, on enregistrait 794 foyers nouveaux, dans le seul département du Cantal on en comptait 282, soit plus du 1/3 de toute la France.

De l'examen du tableau, il résulte, en outre, que les pays comme la Grande-Bretagne, la Suède, la Suisse (auxquels il faut ajouter la Norvège, le Canada) ont réussi à échapper à l'épizootie envahissante et à toutes ses conséquences en mettant en œuvre, d'une façon rapide et persistante, à chaque incursion sur leur territoire, du virus aphteux (venant de l'extérieur), *le système qui consiste à pratiquer, en tout premier lieu, l'abattage des animaux atteints de fièvre aphteuse ou suspects de contamination* dans les foyers nouvellement décelés, l'abattage étant accompagné de l'application rigoureuse des règlements de police sanitaire.

La valeur de ce système est affirmée par le fait qu'on a enregistré, en l'espace de six années, seulement 714 foyers en Grande-Bretagne, 574 en Suisse contre 348 251 en France, 63 155 en Belgique.

Un exemple des plus probants de la grande valeur du système de l'abattage dans la lutte contre la fièvre aphteuse nous est fourni par ce qui s'est passé en Suède. En décembre 1951, janvier et février 1952, en l'espace de quelques semaines, la Suède, à l'instigation de son Service Vétérinaire auquel il faut rendre hommage n'a pas hésité à abattre 30 000 animaux répartis dans 835 foyers. La Suède a été pratiquement débarrassée de la fièvre aphteuse puisqu'un seul foyer a été signalé en janvier 1953, un autre en mars 1954 et aucun depuis lors.

On doit ajouter que les Pays-Bas et le Danemark qui avaient employé primitivement la seule vaccination et qui, au déclin (normal) de l'épizootie ont fait usage de l'abattage sont vite devenus pratiquement indemnes de fièvre aphteuse, n'ayant de loin en loin que quelques foyers rapidement éteints par l'abattage.

La raison de la grande efficacité du système réside dans ce fait que l'abattage étant appliqué dès l'éclosion des premiers foyers de fièvre

aphteuse et opiniâtrement mis en pratique au fur et à mesure de l'apparition des nouveaux foyers, *on supprime ainsi le virus, on empêche sa multiplication, on évite la formation des porteurs et vecteurs de virus, la propagation de la fièvre aphteuse, la réapparition de l'épizootie.*

Il ressort à l'évidence du bilan épimiologique ainsi établi que les pays tels que l'Allemagne, la Belgique, la France, l'Italie, qui ont basé la lutte contre la fièvre aphteuse sur la pratique de la *vaccination* ont payé et continuent de payer un lourd et même très lourd tribut à l'épizootie. On peut estimer les pertes entraînées par l'épizootie, pour ces quatre pays, à plusieurs centaines de milliards de francs dont plus de 100 milliards pour la France, ces pertes correspondant à un certain pourcentage de mortalité, à l'amaigrissement des animaux, à une diminution de la production du lait, aux avortements, à l'inaptitude temporaire ou définitive au travail des bêtes de trait, etc. Il faut, en outre, mentionner les dépenses afférentes aux vaccins et aux vaccinations.

Une autre conséquence de l'épizootie, c'est l'entrave mise à la circulation animale et aux transactions commerciales dans les régions, dans les pays où sévit la fièvre aphteuse, c'est l'impossibilité pour ces pays, d'exporter à l'étranger leurs animaux : bovins, ovins, porcins, et les produits qui en dérivent Les marchés extérieurs du bétail (en Amérique centrale, en Amérique du Sud) où nos animaux reproducteurs, de Normandie par exemple, faisaient prime jadis sont fermés à la France depuis plusieurs années et, sans doute, pour une longue période de temps encore, en raison de la persistance sur son sol de la fièvre aphteuse.

Par contraste avec les pays qui ont fait de la vaccination le moyen essentiel de lutte contre la fièvre aphteuse, ceux qui comme la Grande-Bretagne, la Norvège, la Suède, la Suisse ont appliqué le *système de l'abattage* n'ont eu que des pertes infiniment moins élevées. Les frais occasionnés dans ces derniers pays par les atteintes de fièvre aphteuse de 1951 à 1956, y compris les indemnités versées aux propriétaires des animaux abattus, n'ont guère dépassé 10 milliards, nous disons bien 10 milliards, contre plusieurs centaines de milliards dans les pays ayant utilisé la vaccination à l'exclusion de l'abattage.

De plus, les pays qui, grâce à l'usage qu'ils font du système de l'abattage, se débarrassent rapidement de la fièvre aphteuse recueillent tous les avantages de leur politique sanitaire avisée. Ils peuvent exporter pour leur plus grand bénéfice, du bétail vivant et singulièrement des animaux reproducteurs, des viandes, des produits laitiers, etc.

Bien que le procédé de vaccination anti-aphteuse actuellement en usage repose sur les principes immunologiques que nous avons institués il y a plus de 30 ans, à savoir le principe des anatoxines et des vaccins anavirulents et celui des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité, nous en

avons bien vite reconnu, en présence des faits, les défauts et le manque d'efficacité à l'égard de l'épizootie aphteuse; nous n'avons pas hésité à préconiser le système de l'abattage, car ainsi que nous l'avons déclaré à maintes reprises : « Dans la lutte contre les maladies épizootiques, on doit tenir compte non seulement des données fournies par l'expérimentation au laboratoire, mais encore et surtout des résultats épidémiologiques et des leçons de la pratique. »

Après avoir examiné dans son Ouvrage « *Le destin des maladies infectieuses* », la lutte contre ces maladies, Charles Nicolle a déclaré : « La vie des animaux ne nous étant pas sacrée, l'abattage d'un foyer peut rendre de grands services. Il faudrait pour assurer l'efficacité de la méthode une entente universelle. »

Dès le 4 août 1952, nous exposions dans une Note devant votre Compagnie, les grandes lignes du système de lutte contre la fièvre aphteuse dont la base est l'abattage. L'Académie des Sciences en conséquence de cette Communication émit un vœu recommandant « l'application des Règlements de police sanitaire et autres mesures qui reposent sur des bases scientifiques certaines et qui ont fait leurs preuves ». Elle nomma une Commission qui se mit à la disposition des Pouvoirs publics. Cette Commission ne fut jamais convoquée.

Sans nous lasser, nous avons poursuivi opiniâtrement nos interventions en faveur de l'organisation rationnelle de la lutte contre le fléau aphteux, en faveur surtout de l'application et de la généralisation en Europe et dans le monde, du système de l'abattage.

A la suite de plusieurs Communications faites à nouveau devant l'Académie et de diverses autres publications dans lesquelles nous réclamions l'institution d'une Convention sanitaire internationale codifiant le système de lutte contre la fièvre aphteuse, notre regretté collègue André Mayer, suggéra au Gouvernement français, de prendre l'initiative de faire établir et de proposer aux autres Gouvernements une telle Convention. Cette initiative a été appuyée par les vœux émis par les Sociétés savantes de France les plus autorisées : l'Académie des Sciences, l'Académie de Médecine, l'Académie Vétérinaire, l'Académie d'Agriculture. D'autre part, l'Assemblée Nationale française, elle-même, a voté un projet de résolution dans le même sens.

Le « Projet de Convention internationale pour la prophylaxie de la fièvre aphteuse » a été élaboré en 1955 ([5]). Il est maintenant soumis par le Gouvernement français aux autres Gouvernements pour examen et ratification éventuelle.

Toutefois, pour que l'application de cette Convention devienne effective en France, pour que le système de l'abattage y devienne obligatoire, il est, paraît-il, nécessaire qu'intervienne une loi votée par le Parlement.

Pendant ce temps, la vague épizootique qui tend à submerger actuellement le territoire français va poursuivre ses ravages parmi le cheptel qui constitue l'une des plus grandes richesses de notre pays [6]. Celui-ci sera de plus en plus infecté par le contage aphteux lequel risque de provoquer dans le futur, de nouveaux retours offensifs de l'épizootie. Il en coûtera encore des dizaines et des dizaines de milliards. Les marchés étrangers seront pendant de longues années fermés aux exportations de notre bétail et de ses produits. Notre industrie animale sera de plus en plus amoindrie alors que notre Économie rurale et notre Économie en général ont tant besoin d'être « revigorées ».

En terminant, nous exprimerons la ferme conviction que si, à l'exemple du Danemark et des Pays-Bas, imitant celui déjà ancien de la Grande-Bretagne, de la Norvège, de la Suède, de la Suisse, les autres pays d'Europe, notamment la Belgique, la France, etc. avaient procédé à l'application du système de l'abattage, en *temps opportun*, c'est-à-dire au déclin de l'épizootie, au moment où il n'existait plus qu'un petit nombre de foyers [7], on n'assisterait pas, à présent, au retour offensif du fléau aphteux qui va causer à nouveau des dommages incalculables à l'Élevage et un préjudice énorme à l'Économie de l'Europe.

Que ce désastre renouvelé serve de leçon ultime et incite les Gouvernements à ratifier et à appliquer, dans l'avenir, la Convention sanitaire internationale pour la prophylaxie générale de la fièvre aphteuse.

(1) G. Ramon, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 777; **234**, 1952, p. 1010; **234**, 1952, p. 1106; **235**, 1952, p. 333; **238**, 1954, p. 975; **240**, 1955, p. 1173; **241**, 1955, p. 839; **242**, 1956, p. 1937. *Voir* également G. Ramon, *Bull. Acad. Méd.*, nos **7-8**, 1953, p. 123; nos **11-12**, 1953, p. 206; nos **9-10**, 1955, p. 176; G. Ramon, *Revue d'Immunologie*, **17**, 1953, p. 50; G. Ramon, *Maroc Médical*, no 330, 1953; G. Ramon, *Revue Path. générale et comparée*, no 649, 1953, p. 711-737; *Bull. Off. internat. des Épizooties*, de 1950 à 1956.

(2) On trouvera l'exposé détaillé de ce bilan dans le *Bulletin de l'Office international des Épizooties*, **47**, nos 3-4, 1957 (à paraître). Cet exposé fait, en outre, l'objet d'un chapitre spécial d'un Ouvrage en préparation : G. Ramon, *Quarante années de Recherches*, édité par nous-même.

(3) Par le mot foyer on désigne indistinctement, l'exploitation, la ferme, le troupeau, infectés par le virus aphteux.

(4) Dès 1951, G. Flückiger s'exprimait ainsi : *on peut indubitablement conclure que la seule vaccination préventive ne permettra jamais l'élimination complète de la maladie ni la lutte efficace contre celle-ci* (*Bull. Off. internat. des Épizooties*, **35**, 1951, p. 730).

(5) *Bull. Off. internat. des Épizooties*, **43**, 1955, p. 442.

(6) On estime à plus de 1000 milliards par an la production de l'industrie animale française, elle est supérieure à la production de l'industrie automobile, sidérurgique, etc.

(7) Il ne saurait être question d'appliquer le système de l'abattage dans la période actuelle où il existe de nombreux foyers de fièvre aphteuse et une quantité considérable d'animaux frappés par la maladie.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le paradoxe d'Ackeret de la portance [illegible] grande d'une plaque au voisinage de la valeur unité du nombre de Mach.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

L'auteur rappelle, en la complétant, son interprétation [1] d'une singularité de la théorie linéarisée de la résistance, semblable à celle signalée par J. Ackeret [2] pour la portance, et discute plus spécialement cette dernière. L'auteur mentionne aussi sa théorie de la résistance aux vitesses subsoniques, sonique et supersoniques, qui fut présentée à l'Académie et résumée par Paul Appell en 1917 [3].

On peut satisfaire aux équations de Tchaplyguine [4] des mouvements plans subsoniques, établies en 1904, et à celles de l'auteur [5] des mouvements plans supersoniques, en posant respectivement

$$(1)\qquad \theta + ia\varepsilon = A_1(1 - iC_1)f_1(\varphi_1 + ia\psi_1) = A_1(1 - iC_1)(f_{11} + if_{12}), \qquad i^2 = -1$$

$$(2)\qquad \theta + ja\varepsilon = A_2(1 - jC_2)f_2(\varphi_1 + ja\psi_1) = A_2(1 - jC_2)(f_{21} + jf_{22}), \qquad j^2 = -1.$$

$$(3)\qquad a^2 = M^2 - 1, \qquad \varphi_1 = \frac{\varphi}{hV_1}, \qquad \psi_1 = \frac{\psi}{hV_1}, \qquad \varepsilon = \frac{V - V_1}{V_1}, \qquad p = p_1 - \rho_1 V_1^2 \varepsilon.$$

En introduisant une deuxième fonction de courant, on peut étendre cette théorie aux mouvements linéarisés à trois dimensions [6].

Dans les équations (1), (2), (3), les paramètres A_1, C_1, A_2, C_2 sont, en général, des fonctions du nombre de Mach M et du nombre de Reynolds R; φ et ψ sont le potentiel des vitesses et la fonction de courant; h, un paramètre ayant la dimension d'une ligne; V_1, p_1, ρ_1 sont respectivement la vitesse, la pression et la densité de l'air en un point non perturbé par la présence de l'obstacle et V, p, ρ ces grandeurs en un point quelconque du courant relatif. L'angle θ formé par les vecteurs $\vec{V}$, $\vec{V}_1$, et le rapport ε, doivent être en tout point suffisamment petits pour qu'on puisse négliger leur carré. C'est la caractéristique essentielle des mouvements linéarisés.

Il résulte des équations (1) et (2), que les fonctions f_{12} et f_{22} sont nécessairement impaires en $a\psi_1$, et que, par conséquent, ces fonctions s'annulent pour $\psi = 0$. Cette remarque autorise d'assigner, aux lignes de courant, en contact avec les parois du solide, la valeur zéro et d'écrire, en raison de (1) et (2), qu'en tout point de ces parois

$$(4)\qquad \varepsilon = \frac{p_1 - p}{\rho_1 v_1^2} = -\frac{C_1}{a}\theta, \qquad M < 1; \qquad \varepsilon = \frac{p_1 - p_1}{\rho_1 v_1^2} = -\frac{C_2}{a}\theta, \qquad M > 1.$$

En faisant une distinction entre les parois supérieure et inférieure et entre les vitesses V_1 du courant au-dessus et au-dessous du corps, nous conviendrons que l'angle θ, formé par la vitesse V dans le voisinage immédiat d'un point de la paroi du solide et la vitesse correspondante V_1, est affecté du signe — ou du

signe —, selon que la vitesse $\vec{V}$ converge ou diverge avec la vitesse $\vec{V}_1$, comme les figures schématiques 1 et 2 le font voir.

La figure 1 correspond à un projectile bidimensionnel et la figure 2 au problème d'Ackeret d'une plaque plane inclinée dans un écoulement de fluide compressible.

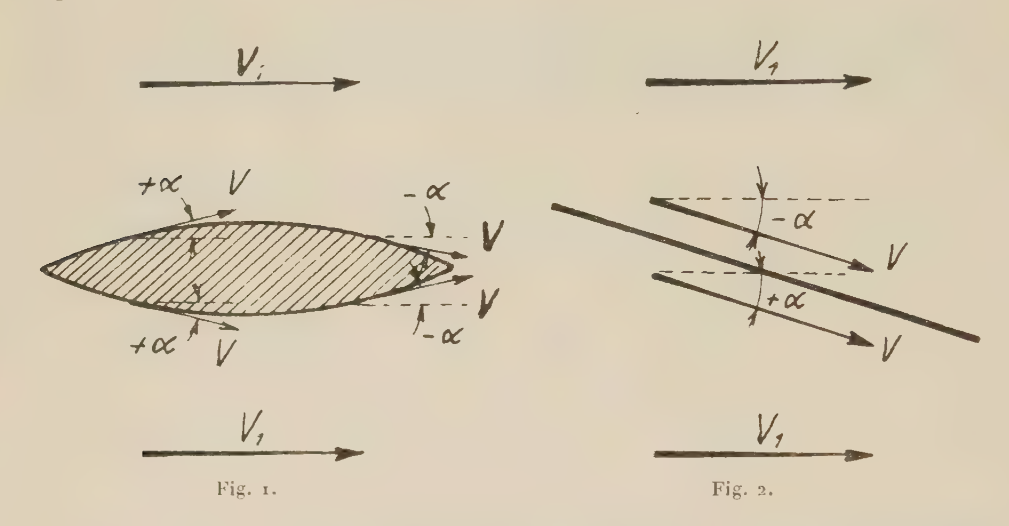


Fig. 1. Fig. 2.

La paroi du projectile étant symétrique par rapport à l'axe des x et l'angle θ étant très petit, on peut poser

$$\theta \simeq \sin\theta \simeq \operatorname{tang}\theta = \frac{dy}{dx}, \qquad R_x = \int_{-l_1}^{l_1} 2(p - p_1)\frac{dy}{dx}\,dx = 2\rho_1 q_1^2 \frac{C}{a}\int_{-l_1}^{l_1}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx,$$

où, pour les vitesses sub- et supersoniques, on a respectivement $C = C_1$ et $C = C_2$, et l'on obtient comme coefficient de résistance du projectile, en admettant qu'il est limité par deux arcs de cercle,

$$\frac{y}{l_2} = \pm\left(1 - \frac{x^2}{l_1^2}\right), \qquad C_x = \frac{R_x}{\frac{1}{2}\rho q_1^2 (2 l_2)} = \frac{16}{3}\,\frac{l_2}{l_1}\,\frac{C}{a}.$$

De même dans le cas du problème d'Ackeret, il vient

$$C_y = \frac{R_y}{\frac{1}{2}\rho_1 V_1^2 S} = 4\frac{C}{a}\theta, \qquad C_x = \frac{R_x}{\frac{1}{2}\rho_1 V_1^2 S} = 4\frac{C}{a}\theta^2 + 2\chi,$$

où S est la longueur de la plaque, sa largeur étant supposée être égale à l'unité. Le paramètre χ est une fonction du nombre de Reynolds et le terme où figure θ^2, étant du second ordre de petitesse, peut être omis.

Dans la théorie développée par J. Ackeret figure, au lieu du paramètre $C = af(a)$, une unité. Il en résulte, pour $M = 1$, que $a = \sqrt{M^2 - 1} = 0$ et, par

conséquent, la portance de la plaque et la résistance du projectile deviennent infinies. Il est du reste, évident, en considérant les équations (4), que l'hypothèse $C_1 = C_2 = 1$ est incompatible avec la définition des mouvements linéarisés.

En me basant sur la théorie de l'écoulement transonique dans une tuyère convergente-divergente de Laval, j'ai pu développer une théorie de la résistance des projectiles, basée sur la conception que l'ogive du projectile joue, en quelque sorte, le rôle inversé de cette tuyère. Les filets d'air déviés par l'ogive subissent une contraction en engendrant les ondes d'accompagnement du projectile. Cette théorie m'a permis de définir les fonctions $C_1/a = f_1(a)$ et $C_2/a = f_2(a)$ figurant dans les équations (4).

J'ai communiqué cette théorie à la Société Mathématique de Moscou le 20 septembre 1916 et j'en ai adressé une copie autographiée à Paul Appell, qui a bien voulu la présenter à l'Académie et la résumer ([2]). La courbe de la figure 3 est empruntée à ce travail. Elle donne les coefficients de résistance du

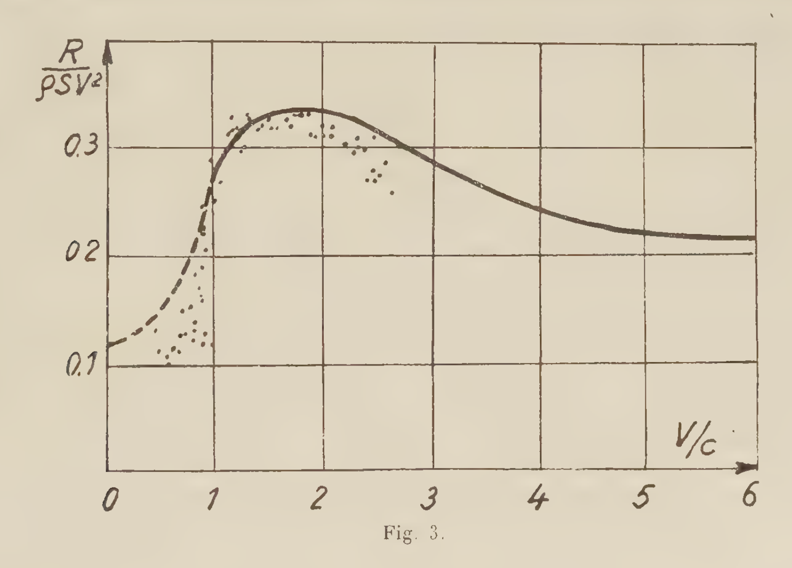


Fig. 3.

projectile en fonction du nombre de Mach. Cette courbe et sa dérivée sont continues, et ce n'est que la dérivée seconde qui subit une discontinuité au point $M = 1$. Le seul paramètre expérimental, que j'ai utilisé pour tracer cette courbe, est le coefficient de résistance aux petites vitesses, 0, 114, que j'ai emprunté à la Balistique de N. Maievsky. Les points indiqués sur la figure sont les résultats bien connus d'expériences balistiques effectuées en divers pays.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1330.
(2) *Helv. Phys. Acta*, 1, (5), 1928, p. 301-322.
(3) *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 163.
(4) *Œuvres*, 2, Léningrad, 1933, p. 1-90.
(5) *Publ. Sc. et Techn. Minist. air*, 108, 1937, p. 28-45.

([6]) *Publ. Sc. et Techn. du minist. air*, 157, 1939, p. 3-41.

([7]) Cette théorie a été ensuite exposée dans le *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino* (6, 1920, Paris, p. [illegible]) et dans le *Mémorial de l'Artillerie Française* (2, [illegible], p. 706-712). Elle est mentionnée dans le *Lehrbuch der Balistik*, de C. Cranz (1, 1927, Berlin, p. 544).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'hypothermie dans ses relations avec l'indice chronologique vestibulaire.* Note (*) de M. **Georges Mouriquand**, Mme **Violette Édel** et Mlle **Renée Chighizola**.

De nombreux travaux expérimentaux s'ajoutant aux recherches cliniques ont apporté des précisions sur les réactions de divers organismes à l'hibernation (ou mieux au refroidissement), en particulier en ce qui concerne leurs résistances aux toxiques [J. Giaja et coll. ([1]), Ch. Jaulmes et coll. ([2])], et aux agressions du cœur [J. Giaja ([3]), ([4]), E. Coraboeuf et coll. ([5])] et de divers éléments du système nerveux [J. Malmejac et coll. en particulier ([6]), ([7])].

A la suite des derniers travaux de cet auteur sur la résistance des formations nerveuses supérieures à l'hypothermie, nous nous sommes demandé comment réagissait à celle-ci le test de l'indice chronologique vestibulaire I. C. V. (L. Lapicque) ou chronaxie vestibulaire C. V. (G. Bourguignon).

On sait l'obscurité qui règne encore sur la signification exacte de ce test sur lequel les auteurs précités ont discuté.

Il semble pouvoir être rapproché du test chronaxique neuromusculaire, notamment comme présentant une réaction comparable ou voisine à différents facteurs d'agression vitaminiques (P. Chauchard ou autres).

En tout cas, précieux pour le clinicien, élément d'appoint dans le diagnostic de retards psychiques (G. Bourguignon, G. Mouriquand, etc.), de diverses intoxications [CO (G. Bourguignon), plomb, arsenic, benzol, alcool, etc. (G. Mouriquand et coll.)], il ne l'est pas moins pour l'expérimentateur.

Il nous a permis en particulier de détecter le stade inapparent de dystrophies, notamment dysvitaminiques.

Comment réagit ce test au facteur d'agression qu'est l'hypothermie ?

Dans cette Note nous considérerons uniquement l'action hypothermique simple, relativement modérée (au-dessus de 30°), plus proche du fait humain n'aboutissant pas au stade poïkilothermique de J. Giaja (20° ou au-dessous).

Nos expériences ont porté sur les pigeons et les rats.

Ces animaux ont été exposés des temps variables, dans une cellule frigidaire de notre laboratoire (généralement à — 1[illegible]° thermique et 40° hygrométrique).

Les temps pour le Pigeon ont été progressivement de 3/4 d'heure à 19 h, pour les rats de 2 h et demie à 3 h.

Pigeons. — Les pigeons maintenus dans la cellule hypothermique de 3/4 d'heure à 3 h et demie n'ont amorcé aucune chute de poids (P), ni aucune chute de température (T) notables (le pigeon du fait de la protection de son plumage, de son poids, se défendant bien contre elle). Par contre toujours (même avec les durées d'exposition les plus courtes) il y a eu chute de la C. V. (— 2σ après 3/4 d'heure, — 5σ après 2 h, — 7σ après 3 h).

Voici, entre autres, deux exemples après 3 h et demie d'exposition (mensuration avant et à la sortie de l'appareil).

Pigeon 59. Poids : 240 avant, 240 sortie. T : 42° avant, 42° sortie; C. V. : 10σ avant, 5σ après.

Pigeon 60. Poids : 290 avant, 281 après. T : 42° avant, 42° sortie; C. V. : 11σ avant, 6σ après, etc.

Par contre un certain fléchissement peu important ou nul pour le poids (P) au point de vue thermique (T) et chronaxique (C.V.) s'observe après 16 ou 19 h de refroidissement.

Exemples :

Pigeon 15. Temps 16 h. Poids : 310 avant, 300 sortie. T : 41°,6 avant, 40°,2 sortie, 41°,7 (1 h après). C. V. : 10σ avant, 5σ après, 10σ (1 h après).

Pigeon 22. Temps 19 h. Poids : 270 avant, 260 sortie. T : 41°,3 avant, 41° sortie, 41°,8 (1 h après). C. V. : 10σ avant, 3σ après, 8σ après 45 mn.

Pigeon 20. Temps 19 h. Poids : 300 avant, 300 après. T : 41°,8 avant, 41°,3 sortie, 41°,5 (1 h après). C. V. : 9σ avant, 2σ sortie, 6σ (1 h après).

On remarquera que dans ces cas des modifications importantes portent sur la seule C. V. qui tend à reprendre au bout d'une heure ou plus son niveau antérieur. Dans certains cas (pigeons 15, 22) la T au bout d'une heure dépasse celle du départ.

Rats. — Mis pendant 2 h et demie à la cellule hypothermique à — 17° (un à — 10°), hygrométrie 40°, ils ont peu ou pas varié dans leur poids (P) de départ, par contre leur température a été toujours abaissée plus ou moins profondément suivant les sujets, mais c'est sur la C. V. que l'abaissement a été le plus marqué. 3/4 d'heure ou 1 h après la sortie, la température avait une tendance rapide à retrouver son niveau de départ et dans certains cas dépassait ce niveau (comme si le centre thermique tendait à récupérer une température perdue). La C. V. dans le même temps revenait à son niveau primitif et l'a dépassé dans un cas.

Voici quelques exemples parmi d'autres à l'appui des indications ci-dessus :

Exposition 2 h et demie :

Rat 67. Poids : 70 g au départ. 70 sortie. T : 36°,1 départ, 31°,3 sortie, 37°,1 (1 h après), 37° (3 h et demie après). C. V. : 10 σ départ, 5 σ sortie, 10 σ (1 h après).

Rat 61. Poids : 140. T : 37°,8 départ, 35° sortie, 36°,1 (1 h après). C. V. : 10 σ départ, 4 σ sortie, 11 σ (1 h après).

Rat 71. Poids : 100 départ, 92 sortie, T : 36°,6 départ, 35°,3 sortie, 37°,6 (3/4 d'heure après), 37° (3 h et demie après). C. V. : 10 σ avant, 3 σ sortie, 8 σ (3/4 d'heure après).

Exemple à — 10° (2 h et demie) : Poids : 105. T : 36°,4 départ, 35° sortie, C.V. : 10 σ départ, 3 σ sortie, 10 σ (3/4 d'heure après).

Exemple après 3 h d'exposition :

Poids : 65. T : 36°,1 départ, 30°,3 sortie, 35°,5 (1 h après). C. V. : 10 σ départ, 3 σ sortie, 8 σ (1/2 heure après).

En somme, le Pigeon mis en hypothermie expérimentale simple allant de 3/4 d'heure à 19 h, — 17° et 40° hygrométrique défend bien son poids et sa température (sauf léger fléchissement après 16 ou 19 h) pour revenir ensuite rapidement après 1 h environ à sa température de départ et parfois la dépasser comme par un phénomène de compensation.

Par contre, il défend faiblement sa C. V. qui dans tous les cas (même après exposition courte) présente un abaissement marqué, d'ailleurs passager, pour revenir environ 1 h après la sortie de la cellule hypothermique à son niveau antérieur, à peu près dans le même temps que sa température.

Le Rat, beaucoup moins défendu contre le froid, voit au bout de 2 h et demie, 3 h peu ou pas fléchir son poids, mais souvent assez fortement sa courbe thermique (36°,1 à 30°,3 au plus bas) sans atteindre la poïkilothermie s'amorçant à 20° et au-dessous. Comme chez le Pigeon on observe chez lui, dans nombre de cas une poussée thermique passagère au-dessus de la température de départ.

La C. V., plus fortement abaissée encore, revient environ dans le même temps, après sortie, que la température à son niveau de départ ou tend à y revenir.

Notons que l'auscultation stéthoscopique du cœur du Rat, à la sortie de la cellule hypothermique ne montre aucun ralentissement appréciable du nombre de ses pulsations, contrairement au cas où l'état poïkilothermique est atteint (dans ce cas, pour J. Giaja, chute de 500 à 50 pulsations au-dessous de 20°).

Il serait intéressant de rechercher ce que devient la C. V. lorsque cet état poïkilothermique est atteint, et d'apprécier en particulier dans ce cas l'importance de l'abaissement de la C. V. et surtout de *son temps de retour à la normale.* Nous avons en effet montré [8] qu'après des agressions sévères de divers ordres [1] (physiques, toxiques, hypervitaminiques, etc.), ce « temps de retour » mesure de façon appréciable l'importance et la

profondeur de l'agression notamment sur le système nerveux, indication qui pourrait être comparée et s'ajouter à celles notées dans les réactions des centres nerveux du type envisagé notamment par Malmejac et coll.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(1) J. GIAJA, L. MARKOVIC-GIAJA et P. SOKIC, *C. R. Soc. Biol.*, 149, nos 5-6, 1955, p. 447.

(2) CH. JAULMES, J. DELGA et CL. GARY BOBO, *C. R. Soc. Biol.*, 150, 1956, p. 1094.

(3) J. GIAJA et J. RADULOVIC, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2039.

(4) J. GIAJA et J. RADULOVIC, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1465.

(5) E. CORABEUF, CH. KAYSER et Y. M. GARGOUIL, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1673.

(6) J. MALMEJAC, P. PLANE et Mme E. BOGAER, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2171 et 2764.

(7) J. MALMEJAC et P. PLANE, *Bull. Acad. Méd.*, 140, nos 21-22-23, 10 juillet 1956, p. 416-418.

(8) G. MOURIQUAND, *Presse Médicale*, no 78, 5 décembre 1953, p. 1593-1594.

(9) Des recherches poïkilothermiques en cours tendent à confirmer cette opinion.

M. **GASTON JULIA** fait hommage du tome XI des *Œuvres de Henri Poincaré* publié sous les auspices de l'Académie des sciences par la Section de Géométrie, avec la collaboration de M. GÉRARD PETIAU : *Mémoires divers. Hommages à Henri Poincaré. Livre du Centenaire de la naissance d'Henri Poincaré* (1854-1954).

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **ROBERT COURRIER** :

JEAN VERNE. *Précis d'Histologie. La cellule. Les tissus. Les organes.* 4e édition du *Précis d'Histologie* de A. BRANCA et J. VERNE.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée du **TROISIÈME CONGRÈS DE L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DES PAYS DE L'OCÉAN INDIEN** qui se tiendra à l'Institut de recherche scientifique de Madagascar, à Tananarive, en septembre ou octobre 1957.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les transistrons dans les amplificateurs*, par JEAN-MARIE MOULON ;

2° *Symposium sulla eparina* organizzato dalla Societa Lombarda di Scienze mediche e biologiche. Milano, 19 dicembre 1955 ;

3° *Memorial to Pierre Teilhard de Chardin, S. J.* (1881-1955), by GEORGE BARBOUR. Extrait de *Proceedings volume of the geological Society of America. Annual Report for* 1955 ;

[illegible] Volume VII [illegible] Volume XII [illegible] *nements ionisants en agriculture, en physiologie et en biochimie* ;

5° WITOLD TOMASSI. *Jony i atomy jako skladniki materii* ;

6° *Los tres « efectos cruciales » resueltos por la teoria clasica*, par GODOFREDO [illegible]

7° *Penjelidikan laut di Indonesia* (*Marine research in Indonesia*), n° 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les points d'attraction et de répulsion pour l'itération* [illegible] Note (*) de M. ALEXANDRE OSTROWSKI, présentée par M. [illegible]

[illegible] est un point attractif ou répulsif, suivant que la matrice jacobienne de Φ au [illegible]

[illegible] d'un vecteur $\xi = (x_1, \ldots, x_n)$ le nombre $|\xi|_\alpha = \operatorname{Max} |x_\nu|$.

De même nous posons pour une $(n \times n)$-matrice $A = (a_{\mu\nu})$:

$$|A|_I = \operatorname{Max}_{\mu} \sum_{\nu=1}^{n} |a_{\mu\nu}|, \qquad |A|_{II} = \operatorname{Max}_{\nu} \sum_{\mu=1}^{n} |a_{\mu\nu}|$$

[illegible] de A.

Considérons une itération

(1) $$\xi_{k+1} = \Phi(\xi_k) \qquad (k = 0, 1, \ldots),$$

[illegible] Supposons que [illegible] qui sont continues dans ζ. Posons enfin

$$[illegible]$$

2. Les points invariants attractifs sont caractérisés par le

THÉORÈME I. — [illegible]

La démonstration du théorème I utilise le

LEMME I. — *Soit pour une* $(n \times n)$-*matrice constante* A *et* $\varepsilon > 0$, $\lambda_A + \varepsilon < 1$. [illegible]

que, si pour une suite infinie des $(n \times n)$-matrices U_ν on a $|U_\nu|_\alpha \leq \tau_1$, il résulte

$$(2) \qquad \left| \prod_{\mu=1}^{m} (A + U_\mu) \right|_\alpha \leq \sigma(\lambda_A + \varepsilon)^m \qquad (m = 1, 2, \ldots),$$

où les facteurs du produit peuvent être pris dans un ordre quelconque.

3. La caractérisation des points invariants répulsifs est donnée par le

THÉORÈME II. — *Si $\lambda_\Delta > 1$, il existe un voisinage V de ζ et un angle solide L ayant son sommet dans ζ, tels que, si $\xi_0 \neq \zeta$ appartient à l'intersection de V et L, la suite ξ_k, qui s'en déduit par* (1), *contient un ξ_r qui est situé ou bien en ζ ou bien en dehors de V.*

La démonstration du théorème II utilise essentiellement le

LEMME II. — *Soit pour une $(n \times n)$-matrice A et un $\varepsilon > 0$, $\lambda_A > 1 + \varepsilon$. Alors il existe un $\delta = \delta(A, \varepsilon) > 0$ et un angle solide L avec le sommet à l'origine, tels que, si pour une suite infinie des matrices U_ν on a $|U_\nu|_1 \leq \delta$ et $\xi \neq 0$ est situé dans L, il résulte*

$$(3) \qquad (\lambda_A - \varepsilon)^{-m} \left| \prod_{\nu=1}^{m} (A + U_\nu)\xi \right|_1 \to \infty,$$

où les facteurs du produit peuvent être pris dans un ordre quelconque.

4. La condition nécessaire pour un point invariant attractif établie pour les itérations en plusieurs variables par exemple par Scarborough et G. Schulz se déduit immédiatement du théorème I par spécialisation en utilisant la borne de λ_A donnée par Frobenius.

Les démonstrations des résultats indiqués seront publiées dans un autre recueil.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le prolongement des formes linéaires positives dans un espace vectoriel ordonné.* Note de M. **HEINZ BAUER**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une forme linéaire, définie dans un sous-espace vectoriel d'un espace localement convexe ordonné E, puisse être prolongée en une forme linéaire continue positive, définie dans E tout entier.

1. Soient E un espace vectoriel sur le corps $\mathfrak{R}$ des nombres réels, P un cône convexe pointé saillant (de sommet o) dans E et $\prec$ l'ordre défini dans E par P. Soit f une forme linéaire, définie dans un sous-espace vectoriel M de E.

Il se pose la question : quand existe-t-il une forme linéaire $\bar{f}$ positive (pour l'ordre $\prec$), prolongeant f à E tout entier? Inspiré par des idées de W. Nef (¹)

et un théorème de M. Krein [2], nous allons démontrer une généralisation du théorème de Hahn-Banach.

THÉORÈME 1. — *Soient p une semi-norme définie dans* E, *et* V *l'ensemble des* $x \in$ E *pour lesquels* $p(x) \leqq 1$. *Pour qu'il existe une forme linéaire* $\overline{f}$ *positive, définie dans* E, *prolongeant* f, *et telle que* $|\overline{f}(x)| \leqq p(x)$ *en tout point de* E, *il faut et il suffit que, pour tout* $x \in \mathrm{M} \cap (\mathrm{V} + \mathrm{P})$, *on ait*

$$(1) \qquad f(x) > -1,$$

Démonstration. — On voit facilement que la condition est nécessaire pour l'existence d'un prolongement $\overline{f}$. Pour montrer qu'elle est suffisante, on peut se borner au cas où $f \neq 0$. Il existe donc un point $x_0 \in \mathrm{M}$ tel que $f(x_0) = 1$.

1° Pour tout $x \in \mathrm{M} \cap \mathrm{P}$ est tout nombre $\alpha > 0$, on a $\alpha x \in \mathrm{M} \cap \mathrm{P}$, et par suite $f(x) > -\alpha^{-1}$ en vertu de (1). Il en résulte que la forme linéaire f est positive dans M (pour la structure d'ordre induite).

2° Un calcul simple montre que

$$\mathrm{P}^* = \bigcup_{\lambda \geqq 0} \lambda(x_0 + \mathrm{V}) + \mathrm{P}$$

est un cône convexe pointé saillant qui contient P comme sous-cône. La forme linéaire f est aussi positive dans M pour la structure d'ordre définie par $\mathrm{M} \cap \mathrm{P}^*$. En effet, soit $x = \lambda(x_0 + v) + p$ un point de $\mathrm{M} \cap \mathrm{P}^*$ ($\lambda \geqq 0$, $v \in \mathrm{V}$, $p \in \mathrm{P}$). Si $\lambda = 0$, on a $f(x) = f(p) \geqq 0$ en vertu de 1°. Si $\lambda > 0$, on a $\lambda^{-1}x - x_0 \in \mathrm{M} \cap (\mathrm{V} + \mathrm{P})$; la condition (1) implique donc $f(x) > 0$.

3° Considérons sur E la topologie localement convexe $\mathfrak{T}$ définie par l'unique semi-norme p. Par rapport à $\mathfrak{T}$, $x_0 + \mathrm{V}$ est un sous-ensemble de l'intérieur I^* de P^*. Il résulte donc du théorème de Krein [2] qu'il existe une forme linéaire continue $\overline{f}$ positive (pour la structure d'ordre définie par P^*, donc aussi pour $\prec$), prolongeant f à E tout entier, et telle que $\overline{f}(x) > 0$ pour tout $x \in \mathrm{I}^*$. Il reste à démontrer qu'on a $|\overline{f}(x)| \leqq p(x)$ pour tout $x \in \mathrm{E}$. Pour cela il suffit de montrer que $\overline{f}(x) = 1$ entraîne $p(x) \geqq 1$. Supposons le contraire : $x_0 - x$ appartient à $x_0 + \mathrm{V}$, donc à I^*. Il en résulte que $\overline{f}(x_0 - x) > 0$, ce qui contredit l'égalité $\overline{f}(x_0 - x) = 0$. La forme linéaire $\overline{f}$ répond ainsi à notre question.

Remarque. — Le théorème de Hahn-Banach (sous sa forme analytique) résulte de notre théorème 1 comme corollaire. En effet, si l'on prend pour P le cône réduit au seul élément 0, le théorème 1 affirme que toute forme linéaire f définie dans M, telle que $|f(x)| \leqq p(x)$ en tout point de M, peut être prolongée en une forme linéaire $\overline{f}$ définie dans E, telle que $|\overline{f}(x)| \leqq p(x)$ en tout point de E.

2. Supposons dans ce qui suit que E est un espace *localement convexe*.

THÉORÈME 2. — *Pour que f puisse être prolongée en une forme linéaire continue $\bar{f}$ positive, définie dans* E, *il faut et il suffit que l'ensemble* $f(M \cap (V + P))$ *soit borné inférieurement pour au moins un voisinage* V *de* O *dans* E.

Ce théorème est une conséquence du théorème 1 et généralise le théorème de Krein ([2]) et le théorème central du travail de Nef ([1]). Ce dernier théorème concerne le cas où E est muni de la topologie localement convexe la plus fine.

Application 1. — En appliquant le théorème 2 à la forme linéaire $f(\lambda x) = \lambda$, définie sur la droite $M = \{\lambda x \mid \lambda \in \mathbf{R}\}$, on démontre :

THÉORÈME 3. — *Soit x un point de* E. *Pour qu'il existe une forme linéaire continue $\bar{f}$ positive, définie dans* E, *et telle que* $\bar{f}(x) = 1$, *il faut et il suffit que le point* $-x$ *n'appartienne pas à l'adhérence* $\bar{P}$ *de* P *dans* E.

COROLLAIRE 1. — *Pour qu'il existe une forme linéaire continue* $\bar{f} \neq 0$ *positive, définie dans* E, *il faut et il suffit que* P *ne soit pas partout dense dans* E.

Exemple d'un cône P *partout dense dans* E. — Soient E l'espace vectoriel des suites $a = \{\alpha_n\}_{n \in \mathbf{N}}$ de nombres réels telles que $\alpha_n = 0$ sauf pour un nombre fini d'indices n, et P le cône convexe pointé saillant suivant : un point $a \neq 0$ de E appartient à P si et seulement si la dernière composante $\alpha_n \neq 0$ de a est positive. P est partout dense dans E par rapport à la topologie localement convexe, définie par la norme $\|a\| = \sum |\alpha_n|$ ([4]).

COROLLAIRE 2. — *Soit* P *fermé dans* E ([5]). *Pour qu'on puisse associer à un point* $x \in E$ *une forme linéaire continue* $\bar{f}$ *positive, définie dans* E, *et telle que* $\bar{f}(x) = 1$, *il faut et il suffit qu'on n'ait pas* $x \prec 0$.

Application 2. — Supposons que le sommet 0 de P possède dans P un voisinage compact et que P ne soit pas réduit à 0 : ceci équivaut à dire que P possède une *base* B *compacte* ([6]).

THÉORÈME 4. — *Soient* P *à base compacte, et* M *un sous-espace vectoriel fermé de* E *tel que* $M \cap P = \{0\}$. *Pour toute forme linéaire continue f définie dans* M, *il existe alors une forme linéaire continue $\bar{f}$ positive, prolongeant f à* E *tout entier.*

Démonstration. — Il existe un voisinage W de 0 tel que $(B + W) \cap (M + W) = \emptyset$, d'où résulte l'existence d'une semi-norme continue p dans E telle que $|f(x)| \leq p(x)$ pour tout $x \in M$, et telle que $V = \{x \mid p(x) < 1\} \subset W$. Soient $\alpha = \sup_{x \in B} p(x)$ et $\beta = \inf_{x \in B,\, y \in M} p(x - y)$; on a $\beta > 0$. On montre que $-(1 + \alpha\beta^{-1})$ est une borne inférieure de $f(M \cap (V + P))$. Le théorème 2 assure donc l'existence de $\bar{f}$.

([1]) *Monatshefte f. Math.*, 60, 1956, p. 190-197.

([2]) *Cf.* N. BOURBAKI, *Espaces vectoriels topologiques*, chap. II (*Act. Sc. et Ind.*, 1189, Paris, 1953, p. 75 (prop. 6).

([3]) Remarquons que ce théorème reste valable sans supposer que E soit séparé. *Cf.* la démonstration dans ([2]).

(4) Cet exemple se trouve en principe déjà dans (1).

(5) On dit alors que la topologie de E est compatible avec la structure d'espace vectoriel ordonné de E.

(6) *Cf.* G. Choquet, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 555.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Classes semi-analytiques dans des régions convexes.* Note de M. **Ricardo San Juan**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On généralise les résultats sur les classes semi-analytiques (présentés par M. San Juan au Congrès international de Mathématiciens d'Amsterdam, 1954) à des régions à la fois convexes et transformées par la fonction exponentielle des domaines Δ_s de M. Mandelbrojt.

Soit Δ_s un domaine de M. Mandelbrojt du plan $s=\sigma+it$, R_z la région du plan $z=x+iy$ transformé moyennant $z=e^s$. Nous définissons les deux fonctions

$$I(\rho)=\exp\{x(\log\rho)\} \qquad (\rho=e^{\sigma},\ e^{\sigma_0}<\rho<+\infty,\ \sigma_0\geqq-\infty),$$
$$I_1(\rho)=\exp\{x(\log\rho)+iG(\log\rho)\},$$

où les deux fonctions $x(s)$ et $G(\sigma)$ sont les fonctions définies dans (2), p. 33-34. De (2), p. 36 (2.2.12), l'on déduit $I=O[I_1$ et $I_1=O[I]$ pour $\rho\to+\infty$. Chacune de ces deux fonctions I et I_1 [d'après (2), p. 37, théorème 2.3.III] vérifie les conditions *a*, *b*, *c* de (3), p. 20. Comme conséquence il résulte que le *théorème fondamental de décomposition* de (6), p. 166, lignes 4-9, vaut pour $m_n(t)\equiv I^{-1}(t^n)$, $\rho=I^{-1}(u)$ étant la fonction inverse de $u=I(\rho)$.

Les classes semi-analytiques (en abrégé : s. a.) furent définies dans (6) pour des domaines avec le point d'accumulation (O); mais la définition peut s'appliquer, naturellement, aux régions R_z en substituant z par $1/z$. Avec cette nomenclature, les résultats de (3), p. 21, et (2), p. 46-47, peuvent s'exprimer ainsi :

Théorème 1. — *Pour qu'une classe* $C(m_n, R_z)$ *soit semi-analytique il est nécessaire et suffisant que* $\sum^{\infty}[I(c_n)]^{-1}=\infty$, *où* $c_n=m^c_{n+1}/m^c_n$ *ou bien* $c_n=(m^c_1)^{1/n}$ $(n=0, 1, 2,\ldots)$, $\{m^c_n\}$ *étant la réctifiée logarithmiquement convexe de* $\{m_n\}$.

Soit $\sum^{\infty}p_n^{-1}=\infty$ avec $p_n>0$ $(n=0, 1, \ldots)$ et q un entier positif. Nous disons qu'une classe $C(m_n, R_z)$ *est fortement semi-analytique de type* p_n *et ordre* q (en abrégé : f. s. a. p_n. q.) quand $\sum^{\infty}[p_nI(m_{qn}^{1/n})]^{-1}=\infty$. En s'appuyant dans le théorème fondamental de décomposition, on déduit de (8), p. 106; (9), p. 142 et (4), p. 343.

Théorème 2. — *Il existe dans toute région* R_z *des paires de fonctions analytiques*

différentes. $f_1(z) \neq f_2(z)$, *avec le même développement asymptotique* $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^{-n}$ *dans* R_z *et appartenant à chacune des classes* $C(m'_n, R_z)$ et $C(m''_n, R_z)$ *f. s. a.* p_n. *q. de type et ordre préfixés avec des bornes* $\{m'_n\}$ *et* $\{m''_n\}$ *logarithmiquement convexes.*

La coïncidence de toutes les fonctions analytiques avec le même développement asymptotique $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^{-n}$ dans R_z équivaut à l'existence d'une approximation asymptotique optime $f(z)$ de $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^{-n}$ (en abrégé a. o.) dans R_z, c'est-à-dire telle que si $f \in C(m_n, R_z)$ s. a. et $f_1 \in C(m'_n, R_z)$ aussi s. a., on a $m_n < k^n m'_n$ ($n = 0, 1, 2, \ldots, k = \text{const.}$). Il est convenable, pour d'ultérieures applications, d'amplifier cette définition de a. o., en exigeant seulement la coïncidence des approximations asymptotiques d'une même série appartenant à des classes s. a. avec des bornes logarithmiquement convexes.

THÉORÈME 3. — *La classe* $C\{[I^{-1}(n)]^n, R_z\}$ *est f. s. a.* 1.1 *et toutes ses fonctions sont a. o.*

THÉORÈME 4. — *De* $\overline{\lim}_{n\to\infty} [m_n^{1/n}/I^{-1}(n)] < \infty$ [1], *on déduit* $\underline{\lim}_{\rho\to\infty} [\log T(\rho)/I(\rho)] > 0$ [2], *où* $T(\rho) = \operatorname{Sup}_{n>0} (\rho^n/m_n)$. *Mais de* [2] *seulement on déduit* $\underline{\lim}_{n\to\infty} [(m_n^c)^{1/n} I^{-1}(n)] < \infty$.

Les deux conclusions obtenues dans ([1]), p. 79-80 pour la courbe $y = x \log x$, avec une élégante méthode géométrique, se généralisent pour la courbe $y = x \log I^{-1}(x)$, mais avec démonstration analytique, en s'appuyant dans ([2]), p. 37, théorème 23.III. De ces conclusions, avec raisonnement analogue à celui de ([1]), p. 80-82, on déduit le *lemme de Bang* ([1]), p. 79, *pour classe s. a.*, en substituant $n!$ par $[I^{-1}_{(n)}]^n$ et l'axe réel par R_z.

Pour appliquer l'intégrale de Cauchy comme dans ([7]), p. 39, il convient de démontrer le lemme suivant, qui permet en même temps de généraliser à des régions R_z convexes les résultats de ([5]).

LEMME. — *Supposons* R_z *convexe. Soit* c *son contour et* $c_1 = kc$ *une courbe homothétique de* c *en rapport à* 0 *et intérieur à* R_z. *Alors la distance à* c_1 *d'un point* $\rho_0 e^{i\varphi_0} \in c$ *est* $d(\rho_0) > K\rho_0^{-h}$ *pour* ρ_0 *suffisamment grand,* $K > 0$ *et* $h > 0$ *étant des constantes indépendantes de* ρ_0.

On déduit ainsi comme dans ([7]), p. 60, du lemme de Bang pour des classes semi-analytiques le

THÉORÈME 5. — *Si toutes les fonctions d'une classe s. a.* $C(m_n, R_z)$ *avec* R_z *convexe et* $\{m_n\}$ *logarithmiquement convexe, sont a. o., on a* $C(m_n, R_z) \subset C\{[I^{-1}_{(n)}]^n, R_z\}$.

Les applications à la sommation des séries potentielles divergentes feront l'objet d'une autre publication.

(1) T. Bang, *Om Quasi-analytiske Funktioner, Inaugural-dissertation*, Kjøbenhavn, 1946.

(2) S. Mandelbrojt, *Séries adhérentes, etc.*, Paris, 1952.

(3) H. J. Meili, *Ueber das Eindeutigkeits Problem in der Theorie der asymptotischen Reihen. Inaugural-dissertation*. Zürich, 1954.

(4) B. R. Salinas, *Revista de la R. Academia de Ciencias de Madrid*, 49, 1955, p. 331-368.

(5) R. San Juan, *Collectanea Mathematica*, 5, 1952, p. 269-284.

(6) R. San Juan, *Proceedings of the International Mathematical Congress*, Amsterdam, 1, 1954, p. 165-166.

(7) R. San Juan, *Publicaciones del Consejo Superior de Investigaciones Cientificas*, Madrid, 1955.

(8) T. J. Stieltjes, *Ann. Fac. Toulouse*, 8, 1894.

(9) D. W. Widder, *The Laplace transform.*, Princeton, 1946.

FONCTIONS DE VARIABLES RÉELLES. — *Constructions à propos du problème des sélections*. Note (*) de Mme **Giliana Pannoli Massaro**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les constructions effectuées se rapportent à une Note précédente consacrée au même problème.

1. Je reprends les concepts fondamentaux ainsi que la terminologie et les notations d'une Note précédente que j'ai affectée à ce même problème. Je donnerai des exemples significatifs, en me restreignant au cas où C est borné et contenu dans le plan euclidien, et sa projection H sur l'axe des x est un intervalle (a, b).

Il est intéressant de remarquer, à la suite du théorème n° 3 de cette Note, la possibilité qu'une droite quelconque $x = x_0$ avec $a \le x_0 \le b$, contienne même *un seul* point $P_0 \equiv (x_0, y_0)$ inaccessible (1).

En effet, supposons par exemple $x_0 = a$ et $E(a)$ formé de y_0 et de deux suites $\{y_n^1\}$, $\{y_n^2\}$ $(n = 1, 2, \ldots)$ de points tels que $y_n^1 > y_{n+1}^1$, $y_n^2 < y_{n+1}^2$ (quel que soit n) et $\lim_{n \to \infty} y_n^1 = y_0 = \lim_{n \to \infty} y_n^2$. Choisissons une suite $\{c_n\}$ $(n = 1, 2, \ldots)$ décroissante, telle que $c_1 = b$, $\lim_{n \to \infty} c_n = a$, et considérons les quatre suites doubles $\{f_{kn}^i(x)\}$, $\{g_{kn}^i(x)\}$ $(i = 1, 2;\ k = 2, 3, \ldots;\ n = 2, 3, \ldots)$ de fonctions ainsi définies :

$$f_{kn}^i(x) = y_k^i - (y_{k-1}^i - y_k^i)\left(\frac{x-a}{c_{k-1}-a}\right)^n \qquad \text{pour} \quad x \in (a, c_{k-1}),$$

$$\left.\begin{aligned} g_{kn}^1(x) &= y_k^1 - (y_k^1 - y_k^2)\left(\frac{x - c_k}{c_{k-1} - c_k}\right)^n \\ g_{kn}^2(x) &= y_k^2 - (y_k^2 - y_k^1)\left(\frac{c_{k-1} - x}{c_{k-1} - c_k}\right)^n \end{aligned}\right\} \qquad \text{pour} \quad x \in (c_k, c_{k-1}).$$

Si F_{kn}^i, F_{∞}^i, G_{kn}^i sont respectivement les courbes cartésiennes $y = y_0$ (constant

en tout H), $y = f^{i}_{kn}(x)$, $y = g^{i}_{kn}(x)$, la fermeture de l'ensemble

$$F' + F'' + \sum_{i}^{1,2}\sum_{k}^{2,\infty}\sum_{n}^{2,\infty}(F_{ikn} + G_{ikn})$$

est un ensemble C du type cherché, les points (a, y), (b, y) étant tous accessibles.

2. Dans l'exemple précédent, le point P_0 est d'accumulation d'une suite de segments parallèles à l'axe des y, entièrement formés de points inaccessibles. Il est d'ailleurs possible de construire un ensemble C contenant un ensemble non dénombrable de tels segments. En effet nous allons maintenant résoudre le problème suivant : *un ensemble fermé* K *contenu en* (a, b) *et partout discontinu en* (a, b) *étant arbitrairement donné, construire* C *de façon que tous les points* (x, y) *tels que* $x \in K$, $0 \leq y \leq 1$ *(et ces points seulement) soient inaccessibles.*

Choisissons une suite double $\{c_{pr}\}$ $(p, r = 1, 2, \ldots)$ de nombres positifs tels que les suites partielles $\{c_{pr}\}$ $(r = 1, 2, \ldots)$, ainsi que la suite $\{c_{p1}\}$ $(p = 1, 2, \ldots)$, soient toutes décroissantes et convergentes vers zéro, et que $\sum_{r}^{1,\infty} c_{pr} = 1$ pour tout $p \geq 1$. Posons $S_{pn} = \sum_{r}^{1,n} c_{pr}$, $R_{pn} = \sum_{r}^{n+1,\infty} c_{pr}$ $(p, n = 1, 2, \ldots)$ et indiquons par $I_1, I_2, \ldots, I_p, \ldots$ les intervalles [partiels de (a, b)] contigus à K ([2]). Soient h_p le centre de I_p, $2\sigma_p$ sa longueur (pour chaque $p = 1, 2, \ldots$). Nous prenons pour C la fermeture de l'ensemble plan somme des courbes suivantes, toutes continues en (a, b) $(n = 1, 2 \ldots)$:

$$y = y_n(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in K \\ R_{pn} + S_{pn}\left(\dfrac{x - h_p}{\sigma_p}\right)^{2n} & \text{si } x \in I_p. \end{cases}$$

On a, en I_p,

$$0 \leq y_n(x) - y_{n+1}(x) = c_{p,n+1}(1 - t^{n+1}) + S_{pn}(1 - t)\,t^n, \qquad \text{avec} \quad t = \left(\frac{x - h_p}{\sigma_p}\right)^2.$$

On peut démontrer que la fonction $E(x)$ (*voir* n° 1 de la Note citée) est continue en (a, b). Ceci est d'abord évident, si $x_0 \in H - K$. Si $x_0 \in K$, prenons un point $Q_0 \equiv (x_0, y_0)$ quelconque tel que $0 < y_0 < 1$.

a. Soit $x_0 \in I_p$. On a alors, en I_p,

$$y_n(x) - y_{n+1}(x) < c_{p,n+1} + S_{pn}(1 - t)\,t^n < c_{p1} + \frac{1}{n} S_{pn}.$$

Un nombre $\varepsilon > 0$ étant arbitrairement fixé, prenons $\nu > 2/\varepsilon$ et tel que $c_{p\nu} < \varepsilon/2$, ensuite δ positif $< \sigma_p$ et tel que, pour $x_0 < x < x_0 + \delta$ ([3]), soit $y_\nu(x) > y_0$. Nous trouvons alors $y_n(x) - y_{n+1}(x) < \varepsilon$, pour $n \geq \nu$ et $x_0 < x < x_0 + \delta$. Il existe donc un $n = n(x) > \nu$ tel que $y_0 - \varepsilon < y_n(x) < y_0$ $(x_0 < x < x_0 + \delta)$ et l'on déduit que

$$y_0 \in \liminf_{x \to x_0} E(x).$$

b. Soit au contraire [illegible] $\in$ E, pour tout $p \geq 1$, [illegible] étant fixé, prenons p tel que [illegible] et tel que, pour [illegible], l'on [illegible] n'ayant des points dans [illegible]. [illegible]

[illegible] la continuité de E [illegible]

2. [illegible] plus particuliers [illegible] parmi les plus intéressants.

Soit par exemple K^* un ensemble [illegible] et partout dense en [illegible] K étant la première composante de K^*, [illegible] Soit K' une deuxième composante strictement contenue dans un intervalle H' tel que [illegible] à C. Il est facile de construire un ensemble plan [illegible] (pour chaque $n = 1, 2, \ldots$) se projetant (sur l'axe des x) en H', ayant en commun avec C les points de la courbe $y = y_n(x)$ ($x \in$ H') et ces points seulement, entièrement situé au-dessous de cette courbe, satisfaisant (*par rapport* à K') à des propriétés tout

à fait analogues à celles de C. Posons $C' = \sum C_n$. Si K'' est une troisième

composante strictement contenue dans un intervalle H'' tel que H''(K + K') = 0, la partie de C + C', se projetant en H'', contient une infinité dénombrable d'arcs de courbes continues et isolées $y = y_n(x)$ ($n = 1, 2, \ldots$). Il est donc de nouveau facile de construire un ensemble plan C'_n (pour chaque $n = 1, 2, \ldots$) se projetant (sur l'axe des x) en H'', ayant en commun avec C + C' les points de la courbe $y = y_n(x)$ ($x \in$ H'') et ces points seulement, entièrement situé au-dessous de cette courbe, satisfaisant, par rapport à K'', à des propriétés

tout à fait analogues à celles de C. Posons $C'' = \sum C'_n$. On [illegible]

[illegible] composante par composante, l'ensemble gerbé K^* tout entier et de façon à obtenir enfin un ensemble C^* = fermeture de (C + C' + C'' + ...), satisfaisant aux conditions usuelles.

Il est bien évident que les propriétés particulières des composantes de K^*, que nous avons introduites pour simplifier les choses, n'ont vraiment rien d'essentiel. On parvient ainsi au résultat suivant : *un ensemble gerbé* K^* [illegible] *Il existe un ensemble* C^* *tel que toute droite* $x = x_0$, *avec* $x_0 \in K^*$, *contient des segments entièrement formés de points inaccessibles. De plus tout point de* C^*

est d'accumulation de segments semblables [6]. *Les points de* C^* *situés sur les droites* $x = x_0$ *avec* $x_0 \in K^*$, *sont au contraire tous accessibles.*

(*) Séance du 7 janvier 1956.

[1] Un tel point est alors nécessairement d'accumulation bilatérale de $E(x_0)$ sur la droite.

[2] Nous supposons, pour plus de simplicité, que $a \in K$ et $b \in K$.

[3] Nous supposons par exemple que I_p soit à droite de x_0.

[4] Cet ensemble contient évidemment le segment $y = 0$, $a \leq x \leq b$.

[5] On répète la Note [2].

[6] Il est intéressant de remarquer que tous les ensembles C, C^* construits dans cette Note, sont eux-mêmes des composantes connexes (*voir* les nos 2, 3 de la Note précédente).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE DIRECTE. — *Sur la notion de courbe continue dépourvue de paratingentes parallèles.* Note (*) de M. **Otto Haupt**, présentée par M. Georges Bouligand.

Après avoir signalé les continus plans dépourvus de paratingentes parallèles, nous nous occupons dans cette Note du problème correspondant, relatif aux courbes $\mathfrak{C}(J_0)$ c'est-à-dire aux continus localement connexes munis d'un ordre linéaire au moyen d'une représentation paramétrique.

1. Dans une Communication antérieure [1] nous avons indiqué tous les continus C dans le plan euclidien E_2 qui ne possèdent pas de paratingentes parallèles. Nous y appelons continus les ensembles bornés, fermés et connexes qui contiennent deux points au moins; et, au sens de M. Bouligand [2], paratingentes (ordinaires) de l'ensemble $M \subset E_2$ avec point de contact $p \in E_2$, les droites P, limites de droites G_k portant deux points distincts p'_k, $p''_k \in M$, qui tendent vers p, si k tend vers l'infini. Un continu dépourvu de paratingentes parallèles est, soit un arc convexe (ne possédant pas de paratingentes parallèles), soit une étoile S d'ordre fini faible (par rapport aux droites de E_2), c'est-à-dire l'union S d'intervalles J_r, $r = 1, 2, \ldots$, ayant en commun l'extrémité Q et telle que l'intersection $S \cap G$ de S et d'une droite G, ne contenant pas le point Q et du reste étant arbitraire, soit un ensemble fini.

2. Dans la présente Note nous étudions un problème modifié en tant que les continus C sont remplacés par les courbes continues, ou en bref *courbes*, dans E_2, c'est-à-dire par les images $\mathfrak{C}(J_0)$ univalentes et continues d'un intervalle fermé J_0 de l'axe des nombres réels t, soit $a \leq t \leq b$, avec la convention suivante : on implique dans la notation $\mathfrak{C}(J_0)$ l'ordre linéaire imposé par recours à t aux points de la courbe. Autrement dit : $\mathfrak{C}(J_0)$ est l'ensemble des triples $(x, y; t)$ où $x = x(t)$, $y = y(t)$ sont les coordonnées (cartésiennes dans E_2) de l'image du point $t \in J_0$. Nous appelons ces triples les *positions* $\mathfrak{C}(t)$ sur la courbe $\mathfrak{C}(J_0)$. Par contre, pour plus de précision nous appelons

support $c(t)$ de la position $\mathfrak{C}(t)$ le point $(x, y) \in E_2$ où $x = x(t)$, $y = y(t)$, et par conséquent l'ensemble des supports $c(t)$, $t \in J_0$, *support* $C(J_0)$ de la courbe $\mathfrak{C}(J_0)$. Sans diminuer la généralité nous supposons que le support $c(t)$ *ne reste pas fixe sur quelque intervalle partiel de* J_0.

En outre, il faut faire une différence entre la notion de paratingente (que nous avons introduite dans le n° 1) du support $C(J_0)$, en bref *C-paratingente*, avec le *point* (*ou support*) *de contact* $c(t)$ et entre la notion de paratingente de la courbe $\mathfrak{C}(J_0)$, en bref *$\mathfrak{C}$-paratingente*, avec la *position de contact* $\mathfrak{C}(t)$. Nous appelons ici $\mathfrak{C}$-paratingente avec la position de contact $\mathfrak{C}(t)$ les droites Q, limites de droites Q_k portant deux supports $c(t'_k)$, $c(t''_k)$, supposés distincts avec $k = 1, 2, \ldots$, et tels que $t = \lim\limits_{k \to \infty} t'_k = \lim\limits_{k \to \infty} t''_k$, etc. Comme il peut arriver qu'une droite est $\mathfrak{C}$- resp. C-paratingente pour deux ou plus de deux positions resp. supports de contact, on pourra être enclin à considérer une paratingente comme une paire formée d'une droite H et d'une position resp. d'un support de contact.

Si $\mathfrak{C}(J_0)$ est un arc simple, c'est-à-dire une image biunivoque (et bicontinue) de J_0, on peut identifier $\mathfrak{C}(J_0)$ avec le support $C(J_0)$. M. Bouligand a signalé que toujours à la courbe $\mathfrak{C}(J_0)$ correspond biunivoquement l'arc simple $C^*(J_0) = (x(t), y(t), z(t) = t;\ t \in J_0)$ dans E_3 et qu'aux positions $\mathfrak{C}(t)$ de $\mathfrak{C}(J_0)$ correspondent biunivoquement les supports (ou positions) de $C^*(J_0)$ et de même aux $\mathfrak{C}$-paratingentes de $\mathfrak{C}(J_0)$ les C^*-paratingentes de $C^*(J_0)$, etc.

3. Nous remarquons ici que toute $\mathfrak{C}$-paratingente de $\mathfrak{C}(J_0)$ avec la position de contact $\mathfrak{C}(t_0)$ est de même une C-paratingente du support $C(J_0)$ avec le support de contact $c(t_0)$. Mais, en général, l'inverse n'est pas vrai.

Exemple. — Soit le support $C(J_0)$ de la courbe $\mathfrak{C}(J_0)$, que nous allons construire, l'union d'un arc simple B et d'un intervalle S. Dans ce cas nous supposons en outre que l'arc B est un demi-cercle dont les extrémités sont b_1, b_2 et le centre m; de plus que m et s sont les extrémités de S et que S est contenu dans la demi-tangente q de l'arc partiel $b_1 m$ de B au point de contact m. Nous imposons à $C(J_0) = B \cup S$ l'ordre linéaire suivant : Nous marchons — chaque fois dans le même sens — dans B de b_1 au-delà de m à b_2; ensuite dans B de b_2 à m et enfin dans S de m à s. Toute droite Q' portant le point m est une C-paratingente de $C(J_0)$ avec le point de contact m. Mais il n'y a que deux positions $\mathfrak{C}(t')$, $\mathfrak{C}(t'')$ dont les supports coïncident au point m; et la tangente Q de B au point de contact m est la seule $\mathfrak{C}$-paratingente de $\mathfrak{C}(J_0)$ aux positions de contact $\mathfrak{C}(t')$ et $\mathfrak{C}(t'')$.

Dans l'exemple précédent, nous nous butons au fait que la même droite est $\mathfrak{C}$-paratingente avec deux positions de contact qui possèdent le même support. Il est donc nécessaire de décider si l'on considère ou non deux $\mathfrak{C}$-paratingentes de ce genre comme deux $\mathfrak{C}$-paratingentes différentes et, par conséquent, comme parallèles. D'où le besoin de préciser la définition de la notion de $\mathfrak{C}$-paratingentes parallèles.

4. On peut à cette fin choisir entre plusieurs conventions.

La convention la plus radicale est la suivante : Deux $\mathfrak{C}$-paratingentes avec

positions de contact distinctes sont considérées comme deux $\mathfrak{C}$-paratingentes différentes, donc comme parallèles, même si elles coïncident à la même droite. Cela posé, on prouve que pour une courbe $\mathfrak{C}(J_0)$ dépourvue de $\mathfrak{C}$-paratingentes parallèles, le support $C(J_0)$ est un arc convexe (sans $\mathfrak{C}$-paratingentes parallèles) ne contenant aucun intervalle et parcouru partout dans le même sens. Comme le support $C(J_0)$ est déterminé par $\mathfrak{C}(J_0)$ sans ambiguïté et comme au contraire tout continu localement connexe est support d'une infinité de courbes diverses, il s'ensuit qu'en observant la convention susdite, il n'y a aucun continu A localement connexe tel que toute courbe $\mathfrak{C}(J_0)$ à support A soit dépourvue de $\mathfrak{C}$-paratingentes parallèles.

La convention susdite est donc trop restrictive. Car un arc convexe assez court n'est même pas dépourvu de $\mathfrak{C}$-paratingentes parallèles, si l'on ne le parcourt pas partout dans le même sens. Par conséquent le problème n'a pas de signification.

5. Dans une prochaine publication nous esquisserons des conventions naturelles et plus faibles admettant plus de courbes sans $\mathfrak{C}$-paratingentes parallèles, et même des courbes dont les supports ne sont ni des arcs convexes ni des étoiles. On peut dire en deux mots : ces courbes ont cette propriété que la $\mathfrak{C}$-paratingente tourne toujours dans le même sens, si le support de contact parcourt le support de la courbe partout dans le même sens.

6. Dans une Note antérieure ([3]) nous avons indiqué les continus dans l'espace E_n de n dimensions, $n \geqq 3$, dépourvus de n paratingentes parallèles au même hyperplan. On trouve qu'un tel continu est un arc simple B tel que l'intersection $B \cap H$ de B et d'un hyperplan H possède n composants au plus. Nous espérons pouvoir traiter plus tard la question correspondante relative aux courbes ainsi que celle concernant les continus localement connexes dans E_n, qui sont des supports exclusivement de courbes sans n $\mathfrak{C}$-paratingentes parallèles au même hyperplan.

(*) Séance du 2 janvier 1957.
([1]) *Bayer. Akad. d. Wiss., Sitz.-Ber. math.-naturw. Kl.*, Jahrg. 1955, p. 26*.
([2]) *Voir* par exemple : G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, Paris, 1932, p. 72.
([3]) *Bayer. Akad. d. Wiss., Sitz.-Ber. math.-naturw. Kl.*, Jahrg. 1955, p. 29*/30*.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Le produit de composition des opérateurs aux différences ; application aux vibrations de plaques encastrées.* Note de M. **Joseph Hersch**, présentée par M. Paul Montel.

Critique élémentaire de la recette classique pour choisir une équation aux différences correspondant à une équation différentielle donnée; par exemple, cette recette s'avère inadéquate à formuler la condition d'encastrement. Une loi simple de composition des opérateurs aux différences à coefficients constants est appliquée aux plaques vibrantes.

1. Soit $L[\varphi] = 0$ une équation différentielle ordinaire linéaire pour la fonction $\varphi(x)$. On peut, en principe, déterminer l'équation aux différences $L_h[\varphi] = 0$ satisfaite *exactement* par les valeurs discrètes de φ aux points x, $x \pm h$, $x \pm 2h$, à l'aide de l'une des méthodes suivantes :

a. Énumération des solutions de $L[\varphi] = 0$.

b. Construction d'une distribution T à support compact, telle que

$$\bar{L}[T] = \alpha_0 \delta_x + \alpha_h \delta_{x+h} + \alpha_{-h} \delta_{x-h} + \ldots$$

où $\bar{L}$ est l'opérateur adjoint à L et δ_x est la mesure de Dirac au point x :

$$0 = \langle T, L[\varphi] \rangle = \text{[illegible]} = L_h[\varphi];$$

si, au lieu de $L[\varphi] = 0$, on a $L[\varphi] = f(x)$, on remplacera à gauche 0 par $\langle T, f \rangle$.

c. Méthode *récurrente* reposant sur le passage de L_h^* à L_{2h}^* [1].

Chacune de ces trois méthodes peut être adaptée aux conditions aux limites.

2. Quelques *exemples* triviaux : coefficients constants.

	L.	Une équation aux différences classique.					L'équation exacte.				
		α_{-2h}	α_{-h}	α_0	α_h	α_{2h}	α_{-2h}	α_{-h}	α_0	α_h	α_{2h}
(1)	$\frac{d}{dx} + \gamma$		-1	$1 - \gamma h$	—	—		-1	$e^{\gamma h}$		
(2)	$\frac{d^2}{dx^2} + \gamma^2$		1	$-2 - \gamma^2 h^2$	1	—		1	$-2\cos(\gamma h)$	1	
(3)	$\frac{d^4}{dx^4} - \gamma^4$	1	-4	$6 - \gamma^4 h^4$	-4	1	1	B_h	A_h	B_h	1

avec $A_h = 2 + 4\,\mathrm{ch}(\gamma h)\cos(\gamma h)$ et $B_h = -2\,\mathrm{ch}(\gamma h) - 2\cos(\gamma h)$.

Condition d'encastrement : *a.* $\varphi(0) = \varphi'(0) = 0$ pour une fonction $\varphi(x)$ *satisfaisant*, dans un intervalle $0 < x < nh$ (h est la maille), *l'équation* $d^4\varphi/dx^4 = 0$. *La recette classique* $\varphi(-h) = \varphi(h)$ *n'est pas « exacte »*, car la fonction $\varphi = (x/h)^3$ satisfait à $\varphi'' = 0$ et $\varphi(0) = \varphi'(0) = 0$, mais $(-1)^3 \neq 1^3$! Construisons la conditions exacte d'encastrement, par exemple par énumération des solutions : on cherche une relation $\varphi(-h) = \alpha\varphi(h) + \beta\varphi(2h)$, c'est-à-dire le vecteur $\{-1, \alpha, \beta\}$. Il y a deux solutions fondamentales : $\varphi_1 = (x/h)^2$ et $\varphi_2 = (x/h)^3$: donc $\{-1, \alpha, \beta\}$ est parallèle au produit vectoriel $\{1, 1, 4\} \times \{-1, 1, 8\} = \{4, -12, 2\}$: donc $\alpha = 3$ et $\beta = -1/2$:

$$\varphi(-h) = 3\varphi(h) - \frac{1}{2}\varphi(2h). \tag{4}$$

b. $\varphi(0) = \varphi'(0) = 0$ pour une fonction $\varphi(x)$ *satisfaisant*, dans $0 < x < nh$, *à une équation* $d^4\varphi/dx^4 - \gamma^4\varphi = 0$: on obtient

$$\varphi(-h) = \left(-1 - \frac{2SC - 2sc}{Cs - Sc}\right)\varphi(h) + \frac{-S - s}{Cs - Sc}\varphi(2h), \tag{5}$$

où $S = \mathrm{sh}(\gamma h)$, $C = \mathrm{ch}(\gamma h)$, $s = \sin(\gamma h)$, $c = \cos(\gamma h)$.

3. *Loi de composition.* — Définissons le produit de composition $L_1^* \star L_2^*$ de deux opérateurs aux différences L_1^* et L_2^*, *relatifs à la même maille h*, par

(6)
$$\begin{cases} L_1^*[\varphi]=\sum_m \alpha_m^{(1)}\varphi(x+mh), & L_2^*[\varphi]=\sum_m \alpha_m^{(2)}\varphi(x+mh), \\ (L_1^*\star L_2^*)[\varphi]=\sum_k \alpha_k^{(12)}\varphi(x+kh), & \alpha_k^{(12)}=\sum_{m=-\infty}^{\infty}\alpha_m^{(1)}\alpha_{k-m}^{(2)}; \end{cases}$$

toutes ces sommes n'ont en réalité qu'un nombre fini de termes.

THÉORÈME. — L_1 *et* L_2 *étant des opérateurs différentiels linéaires à coefficients constants, on a*

(7)
$$(L_1 L_2)^* = L_1^* \star L_2^*;$$

de plus, *si les distributions* T_{L_1} *et* T_{L_2} *assurent le passage de* L_1 *à* L_1^*, *resp. de* L_2 *à* L_2^* (*cf.* § 1 *b*), *alors la distribution*

(8)
$$T_{L_1L_2} = T_{L_1} \star T_{L_2}$$

assure le passage de $L_1 L_2$ *à* $(L_1 L_2)^*$

Démonstration :

$$\overline{(L_1 L_2)}\,(T_{L_1}\star T_{L_2}) = (\overline{L}_1 T_{L_1})\star(\overline{L}_2 T_{L_2}) = \sum_m \alpha_m^{(1)}\delta_{(x+mh)} \star \sum_j \alpha_j^{(2)}\delta_{(x+jh)}$$
$$= \sum_{m,j}\alpha_m^{(1)}\alpha_j^{(2)}\delta_{[x+(m+j)h]} = \sum_k\left(\sum_m \alpha_m^{(1)}\alpha_{k-m}^{(2)}\right)\delta_{(x+kh)} = L_1^*\star L_2^*.$$

Exemples. — Comme

$$\frac{d^2}{dx^2}+\eta^2=\left(\frac{d}{dx}+i\eta\right)\left(\frac{d}{dx}-i\eta\right) \quad \text{et que} \quad \frac{d^4}{dx^4}-\eta^4=\left(\frac{d^2}{dx^2}+\eta^2\right)\left(\frac{d^2}{dx^2}-\eta^2\right),$$

les opérateurs figurant à droite de (1), (2), (3) peuvent être déduits l'un de l'autre par composition.

4. *Équation aux différences pour les plaques vibrantes.* — Procédons de même ici : construisons un opérateur discret correspondant à

$$\Delta\Delta - \eta^4 = (\Delta+\eta^2)(\Delta-\eta^2),$$

à partir de l'opérateur obtenu dans une Note précédente [1] par la méthode récurrente [formule (2)]. Nous considérons un réseau de triangles équilatéraux; soient p un nœud du réseau; $q_1, q_2, \ldots, q_6$ les six nœuds voisins (à la distance h de p); $r_1, \ldots, r_6$ les six nœuds à la distance $h\sqrt{3}$ de p; $s_1, \ldots, s_6$ les six nœuds à la distance $2h$ de p; nous avions :

$$(\Delta+\eta^2)\varphi = 0 \sim \left[2+4\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\tilde{\eta}h\right)\right]\varphi(p) - \sum_1 \varphi(q_i) = 0;$$

$\tilde{\eta}$ est une valeur approchée de η; pour $(\Delta-\eta^2)\varphi = 0$, il suffit de remplacer

cos par ch : composons les deux opérateurs

$$(9)\quad \left\{ \begin{array}{l} (\Delta\Delta - \eta^2)\varphi = 0 \sim A_h p + B_h \sum_1^6 q_i + 2\sum_1^6 r_i + \sum_1^6 s_i = 0, \\ \text{avec} \left\{ \begin{array}{l} A_h = (2 + 4\,\mathrm{ch}\,\nu)(2 + 4\cos\nu) + 6, \\ B_h = -4\,\mathrm{ch}\,\nu - 4\cos\nu - 2, \qquad \nu = \dfrac{\sqrt{3}}{2}\tilde{\eta}h. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Conditions aux limites. — On peut, par exemple, s'inspirer de la condition (4) de l'encastrement pour une dimension [la condition (5) serait meilleure, mais introduirait des expressions compliquées].

Difficulté pratique : le système (9) amène à une équation transcendante; cette circonstance est dans la nature même du problème.

5. *Exemple numérique.* — Plaque hexagonale encastrée de côté un : calcul approché des deux premières valeurs propres correspondant à des fonctions *symétriques*.

Valeurs approchées pour		Méthode. Classique (Collatz).	Intérieur : classique ; Contour : selon (4).	Intérieur : (9) ; Contour : selon (4).
$\lambda_1 = \eta_1^2$	$h = 1$	32	53	106
	$h = \frac{1}{2}$	104	136	159
	$h = \frac{1}{3}$	129	149	158
$\lambda_{2\,\mathrm{sym}} = \eta_{2\,\mathrm{sym}}^2$	$h = \frac{1}{2}$	524	589	2 080
	$h = \frac{1}{3}$	1 150	1 397	2 237

Le calcul de la seconde colonne donne essentiellement le même travail que celui de la première : par contre, les nombres de la dernière colonne sont des racines d'équations transcendantes.

6. Comme dans le cas de la membrane vibrante [1], des considérations analogues s'appliquent au calcul approché des η_i au moyen de *fonctions de cellules*, ou encore au moyen d'un réseau quadratique.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1475.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Mesure du module de rigidité de l'alumine frittée jusqu'à* 1000° C. Note (*) de Mlle CHRISTIANE SUSSE, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans un travail précédent [1] nous avons décrit une méthode de résonance permettant la mesure à haute température des constantes élastiques des solides conducteurs avec son application au cas du nickel.

Dans la présente étude, nous avons appliqué la méthode à un solide isolant; nous avons choisi l'alumine frittée parce qu'elle conserve une grande dureté à 1000° C et parce que les données de la littérature ne concernent que la valeur statique de son module de rigidité à haute température.

L'échantillon est en alumine pure à 99,5 % (les impuretés étant constituées essentiellement de SiO_2, NaOH, KOH, des traces de V et de Mg), frittée à 1900° C et de densité apparente $\rho = 3,66\,g/cm^3$. L'observation au microscope a montré que le diamètre moyen des cristaux de corindon se situe entre 10 et 20 μ, les plus gros cristaux atteignant au maximum 60 μ de diamètre.

L'échantillon a la forme d'un cylindre de 40 mm de longueur et 10 mm de diamètre percé d'un trou axial de 3 mm de diamètre où sont logés sans qu'il y ait contact trois soudures de thermocouples Pt/Pt Rh. Celles-ci permettent de connaître la répartition de la température le long du barreau et de réaliser l'uniformité de celle-ci à mieux que 0,5 à 1000° C, la température du centre étant connue avec une erreur maximum de ± 1 à 1000° C.

La fréquence de résonance f est mesurée par l'ensemble de deux compteurs électroniques et d'un oscillateur étalon à quartz donnant une précision globale sur f de $\pm[2.10^{-6}+(1/f)]$.

A une température donnée, la dispersion des valeurs de f est le plus souvent voisine de 2.10^{-4} et ne dépasse jamais 5.10^{-4}.

Dans le tableau I, nous avons donné les valeurs des fréquences de résonance du mode fondamental et de ses deux premiers harmoniques. Les rapports f_2/f_1 et f_3/f_1 sont respectivement égaux à deux et à trois, à mieux que 10^{-3} près. Ceci montre que le barreau peut être à juste titre considéré comme libre.

$l = 39,71$ mm, $r_1 = 10,92$ mm, $r_i = 3,11$ mm.

TABLEAU I.

T (°C).	f_1.	f_2.	f_3.	$\alpha.10^7$.	$\frac{G_T}{G_0}$.
18,9	74 338	148 688	222 920	40	1,0000
107,3	73 965	147 926	221 810	55	0,9892
217,4	73 520	146 897	220 240	63	0,9748
179,2	73 626	147 271	220 830	60	0,9801
348,7	72 858	145 654	218 490	70	0,9574
524,3	72 002	143 971	215 900	74	0,9340
642	71 342	142 999	214 080	76	0,9180
797,3	70 480	141 175	211 630	77	0,8961
893,3	69 998	140 078	210 100	78	0,8815
994,6	69 402	138 927	208 360	79	0,8663
844,6	70 264	140 635	210 860	78	0,8889
725,1	70 933	141 918	212 780	76	0,9061
445,9	72 361	144 769	217 050	72	0,9451
17,7	74 355	148 696	222 880	40	1,0001

La distance des pointes en alumine qui supportent le barreau ayant été calculée de façon à correspondre à des nœuds de vibration pour l'harmonique deux, nous avons estimé que les valeurs de f_2 étaient les meilleures et nous les avons utilisées dans le calcul du module de rigidité G.

A 20°C :

$$G_{20°} = \rho f_2^2 l^2 = 1,276 . 10^{12} \text{ dynes/cm}^2.$$

En général,

$$\frac{G}{G_0} = \left(\frac{f}{f_0}\right)^2 [1 - \alpha(T - T_0)].$$

G_T et G_{T_0}, f et f_0 étant les modules de rigidité et les fréquences de résonance à T° et $T°_0$. α est le coefficient de dilatation linéaire moyen de l'alumine entre T_0 et T, les valeurs de ce coefficient en fonction de la température nous ont été fournies par les Établissements Desmarquets.

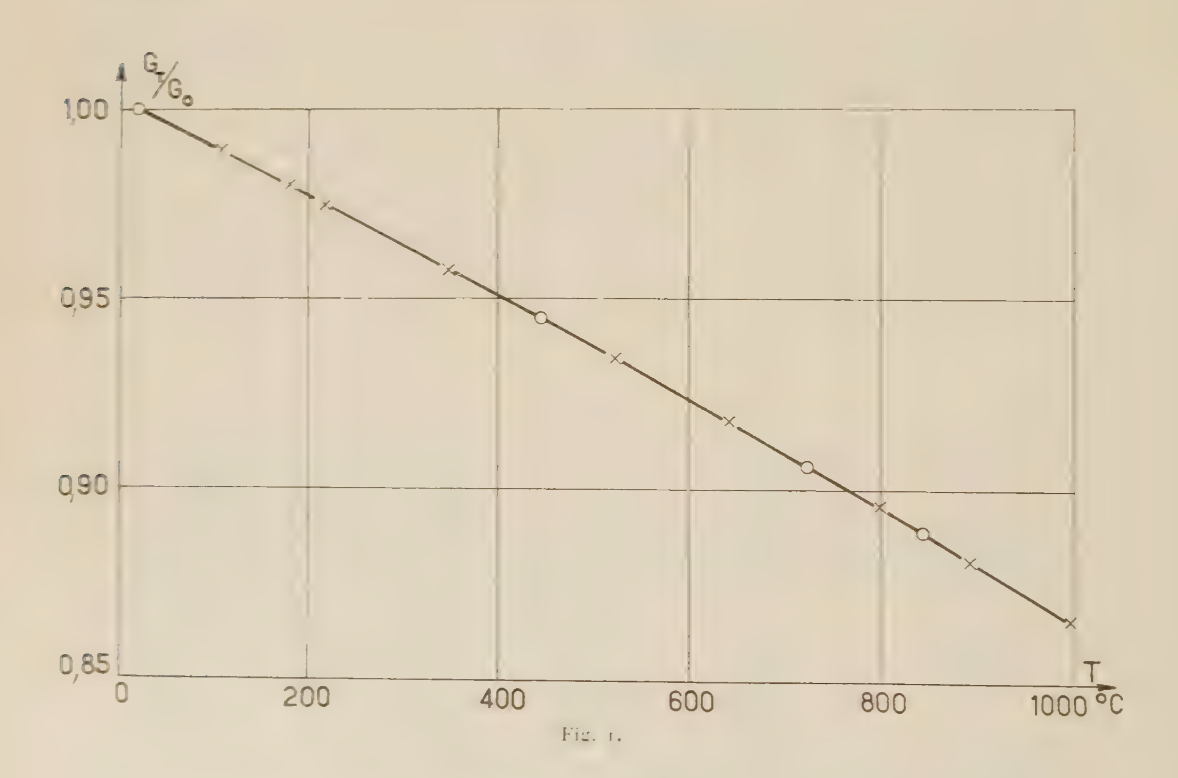


Fig. 1.

Les résultats sont représentés figure 1 et montrent une diminution continue du module de rigidité à mesure que la température s'élève. La courbe obtenue est très voisine d'une droite de pente : $(1/G_{20°})(dG/dT) = -1.37.10^{-4}$.

Le tableau II et la figure 2 montrent les résultats obtenus par une méthode statique par M. Ryskhewitsch (²).

TABLEAU II.

Auteur.	$G_{20°}$ (dynes/cm²).	$\frac{1}{G}\frac{dG}{dT}$.
Ryskhewitsch	1,18 . 10^{12}	— 1,60 . 10^{-4}
	1,24 »	— 1,60 »
	1,24 »	—
Travail actuel	1,276 »	— 1,37 »

Celui-ci effectuait ses mesures sur des barreaux d'alumine très pure (99,8 %) de densité apparente : $\rho = 3,85$ g/cm³ et de diamètre 0,16 cm qu'il chauffait jusqu'à 1550° C.

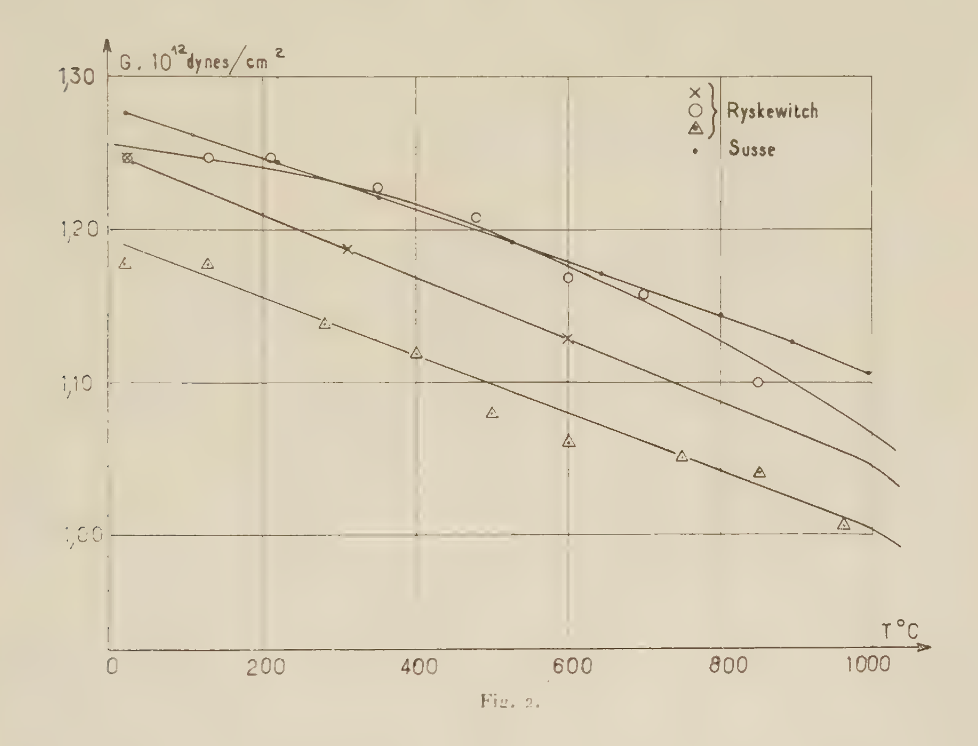


Fig. 2.

Les écarts observés entre ces résultats et les nôtres jusqu'à 1000° C sont supérieurs aux erreurs de mesure et proviennent peut-être des différences de méthode. Une étude approfondie de l'influence du degré de frittage et des impuretés sur le module de rigidité est cependant nécessaire avant qu'il soit possible de conclure.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(¹) C. SUSSE, *J. Phys. Rad.*, **17**, 1956, p. 910.

(²) *J. Amer. Ceram. Soc.*, **34**, n° 10, 1951, p. 322.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la résistance à la rupture par flexion statique ou dynamique des plastiques.* Note (*) de MM. **Bernard Bossu** et **Pierre Dubois**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'énergie de rupture d'un plastique, rapportée à l'unité du volume contraint à l'aide d'une flexion est, dans des conditions expérimentales géométriquement identiques, plus faible dans une méthode statique que dans une méthode dynamique. Cette énergie spécifique est, la même dans les méthodes dynamiques, où la rupture est produite entre deux appuis (Charpy) ou quand l'une des extrémités est encastrée (Yzod).

Objet de cette étude. — Il a été essentiellement démontré la possibilité d'obtenir des résultats identiques dans la rupture de barreaux en plastique, fléchis entre deux appuis dans la méthode Charpy et à partir d'un encastrement dans la méthode Yzod.

D'autre part, on a fait comparaison, dans des conditions convenables, entre l'énergie spécifique de rupture du volume contraint qui est mise en jeu, respectivement dans la méthode de la flexion statique et dans celle de la flexion dynamique.

Conditions expérimentales. — Comme dans une étude précédente [1] on a utilisé des éprouvettes parallélépipédiques, d'épaisseurs différentes, depuis 1,5 jusqu'à 8 mm, découpées dans du polyméthylméthacrylate sensiblement isotrope et dans un stratifié papier-phénoplaste.

La distance entre appuis ou portée étant D (voir *fig.*) dans la méthode Charpy, on a aussi appelé D le double de la distance l entre le point d'impact et l'encastrement dans la méthode Yzod, afin que les comparaisons aient lieu sous le même état de contrainte. Dans les deux cas, on a désigné par h la hauteur ou dimension dirigée suivant la flèche de rupture, b étant l'autre dimension transversale de l'éprouvette.

L'énergie spécifique de rupture a été, dans les expériences ci-après, définie par le quotient du travail de rupture (en kg/cm) par le volume contraint Dhl (en cm^3).

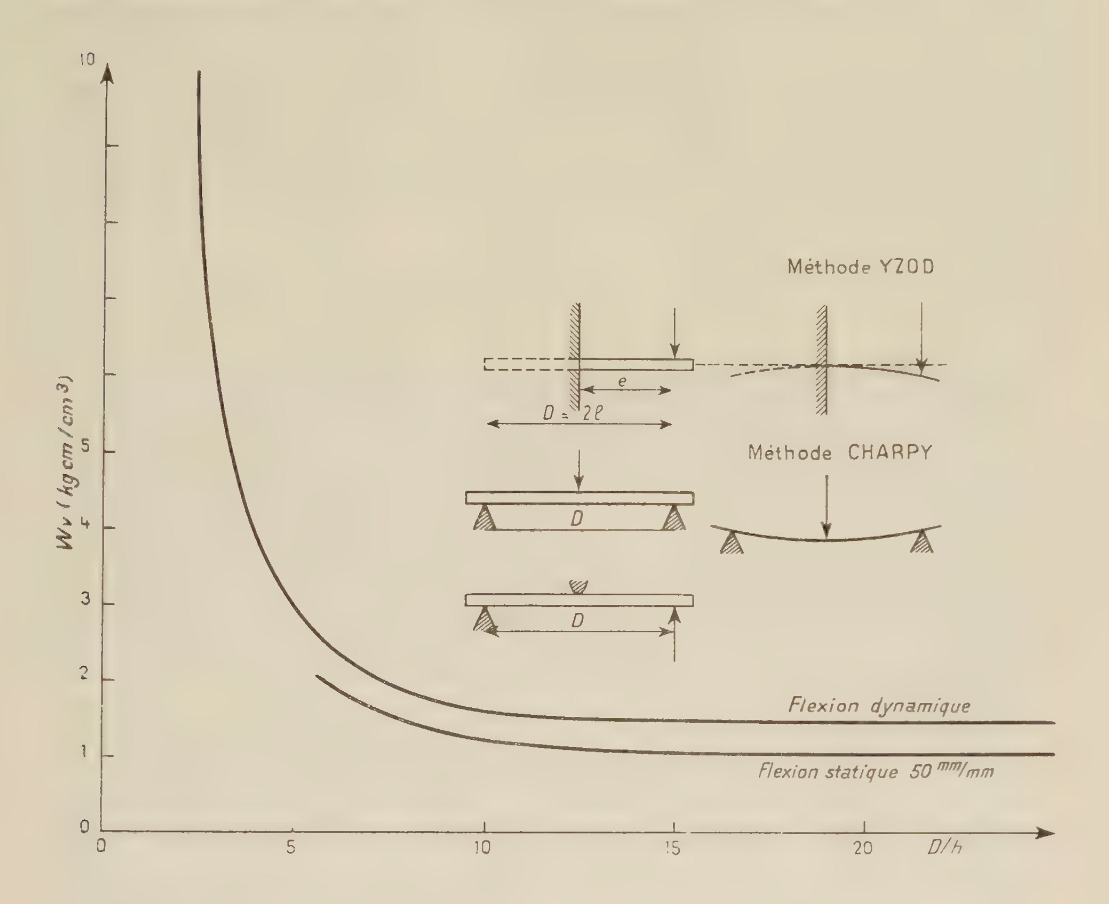
On a utilisé pour la rupture en flexion statique une machine permettant d'opérer à différentes vitesses constantes, dans des rapports extrêmes de 1 à 120, la plus faible étant de 5 mm/mn. Les courbes enregistrées ont servi, dans les différents cas, à calculer par la planimétrie, l'énergie spécifique de rupture en flexion statique.

En flexion dynamique, on s'est servi d'un mouton pendule Charpy à deux sensibilités, muni de dispositifs permettant la variation de la portée D ou de la longueur fléchie $l = D/2$ quand ce pendule était utilisé pour la rupture suivant la méthode Yzod.

Rupture en flexion statique. — La courbe de la figure montre comment varie l'énergie spécifique W_s de rupture du volume contraint par une

flexion statique, en fonction de la valeur de D/h dans le cas de l'expérimentation avec le polyméthylméthacrylate; la vitesse régulière de l'accroissement de la flèche étant de 50 mm/mn.

Si l'on augmente la vitesse, la courbe se déplace vers la courbe de la flexion dynamique donnée par les expériences suivantes.



Rupture par la méthode Charpy. — La courbe de la figure montre que l'énergie spécifique W_v de rupture du volume contraint en flexion par choc, entre appuis, en fonction de la valeur D/h, dans le cas du polyméthylméthacrylate évolue suivant une allure identique à celle de la flexion statique.

La valeur constante correspondant au palier de la courbe de la flexion dynamique pour une valeur de D/h de l'ordre de 10, est sensiblement supérieure, d'environ 50 %, à celle du palier de la courbe de la flexion statique.

Rupture par la méthode Yzod. — La courbe que l'on obtient est sensiblement confondue avec la précédente.

Un arrondi à la naissance de l'encastrement semble n'avoir qu'une

influence secondaire sur les résultats quand on détermine la longueur l fléchie ($l = D/2$) à partir de la naissance de cet arrondi.

Expériences avec un stratifié papier phénoplaste. — Les courbes obtenues dans des conditions analogues à celles utilisées pour le polyméthylméthacrylate montrent la généralité de l'allure des phénomènes de rupture pour l'un et l'autre de ces matériaux, le plus résistant étant le stratifié (¹).

Expériences sur les mêmes matières avec des barreaux entaillés. — On a montré antérieurement (¹) que les phénomènes sont les mêmes avec des barreaux entaillés ou non entaillés, mais les énergies spécifiques de rupture du volume contraint sont, suivant les cas, de 3 à 10 fois plus faibles quand on pratique une entaille. D'autre part, la dispersion des résultats est alors de 2 à 5 fois moins importante.

Conclusion. — Cette expérimentation montre que, sous la réserve d'opérer dans des conditions de distribution des contraintes analogues dans la méthode Charpy et dans la méthode Yzod, l'énergie spécifique de rupture du volume contraint est la même dans les cas des matériaux ici utilisés. Le même résultat a été obtenu récemment dans une expérimentation sur le polyvinylchlorure rigide (²). En outre, le parallélisme des phénomènes de rupture en flexions statique et dynamique est assez bien vérifié quand ces conditions sont remplies, mais l'énergie spécifique de rupture du volume contraint est plus faible en flexion statique qu'en flexion dynamique.

Pour des valeurs de D/h au moins égales à 10, la rupture semble principalement provoquée par la traction dans le cas des matériaux plus résistants en compression.

Pour ces mêmes matériaux, la rupture paraît, au contraire, débuter par le cisaillement longitudinal quand D/h est notablement inférieur à 10.

Ces deux comportements conduisent, semble-t-il, à envisager deux essais, faits indifféremment par l'une ou l'autre méthode, pour des valeurs de D/h fixées respectivement, par exemple, à 12 et 3.

(*) Séance du 7 janvier 1952.

(¹) B. Bosse et P. Dubois, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 787.

(²) J. Lesavre, *Ind. Plast. Mod.*, 8, nº 7, 1956, p. 41 et nº 8, p. 51.

RELATIVITÉ. — *Principe de Mach et univers en expansion. Un nouveau modèle de cosmos.* Note de M. Olivier Costa de Beauregard, présentée par M. Louis de Broglie.

Equivalence entre la formulation du principe de Mach par D. Park (¹), (²) et le principe cosmologique de Jordan-Haas (³). Le second postulat de Jordan et l'hypothèse d'une loi d'expansion linéaire. Possibilité d'intégrer selon ces conditions les équations de la gravitation d'Einstein. Remarques sur l'hypothèse des gravitons.

1. D. Park ([1]) a émis l'idée fort intéressante que la constante sans dimensions I figurant dans la loi de Galilée $\vec{f} = \mathrm{I} m \vec{\gamma}$, qui est rendue égale à 1 avec les systèmes d'unités habituels, représente la valeur du fond non nul du potentiel de gravitation qui, dans un univers à courbure spatiale positive $1/\mathrm{R}$ et à masse M finie, est certainement un multiple simple de $\chi \mathrm{M}/\mathrm{R}$, où χ désigne la constante d'Einstein. Il est remarquable qu'une telle relation soit vérifiée ([2]) en théorie du cosmos statique d'Einstein.

Dans un univers expansif, l'idée de Park revient à postuler qu'avec les unités habituelles $\chi \mathrm{M}/\mathrm{R}$ est une intégrale première de l'expansion : comme, avec un espace sphérique fermé, et ρ désignant la densité massique moyenne, $\mathrm{M} = 2\pi^2 \mathrm{R}^3 \rho$, l'on posera par hypothèse, η désignant un nombre constant de l'ordre de l'unité.

$$(\mathrm{I}) \qquad \frac{\chi \mathrm{M}}{2\pi^2 \mathrm{R}} = \chi \rho \mathrm{R}^2 = \textit{nombre constant } \eta \textit{ de valeur simple.}$$

Or, ce postulat est identique à celui posé par Jordan et Haas ([3]), que Haas a justifié théoriquement en remarquant qu'en multipliant par $c^2 \mathrm{M}/\eta$ les deux membres de (I), l'on exprime l'égalité entre l'équivalent en énergie de la masse totale du cosmos et l'énergie potentielle globale de gravitation. Sous réserve de pouvoir intégrer selon cette condition les équations de la gravitation d'Einstein, l'hypothèse de Haas éclaire leur interprétation rétroactivement, car, si leur second membre contient la somme des densités de toutes les formes d'énergie sauf l'énergie potentielle de gravitation, l'on peut dire alors que cette dernière est figurée au premier membre.

En utilisant les valeurs expérimentales de χ, de ρ (assez mal connue) et de R (voisine de la constante de Hubble dans la plupart des théories), Jordan ([3]) a remarqué que l'hypothèse (I) n'apparaît nullement invraisemblable.

Pour toutes ces raisons, nous adopterons ici le postulat (I) de Jordan-Haas-Park.

2. Mais Jordan ([3]) a suggéré aussi que le nombre R/L, voisin de 1 dans la plupart des théories, où $\mathrm{L} \equiv (\nu \mathrm{D}/\partial \nu)$ désigne la constante de récession de Hubble, pourrait être, lui aussi, une intégrale première de l'expansion. L'on s'assure aisément que ce nouveau postulat équivaut à celui d'une loi linéaire d'expansion $\mathrm{R} = bt$, où t désigne le temps cosmique. A notre connaissance, cette idée très simple n'a pas été souvent proposée, sans doute parce qu'elle ne peut être satisfaite sous l'hypothèse d'une masse totale M constante. Mais l'importante remarque de Haas, jointe à l'exemple de la théorie de W. H. Mac Crea ([4]), suggèrent l'idée d'écarter les restrictions classiques ; et l'hypothèse $\mathrm{R} = bt$, $b =$ const., entraîne deux conséquences fort intéressantes que voici.

Elle dispense d'abord d'avoir à considérer R et t comme deux grandeurs physiques distinctes : ce seront ici deux aspects différents de la même grandeur.

L'idée la plus séduisante serait évidemment d'avoir $b = c$, mais le rapport $\alpha = b/c$ est une donnée objective de la Nature, (?) égale au rapport du rayon présent de l'espace à la constante de Hubble. En disposant de la valeur de b, l'on peut ajuster la valeur présente de la densité ρ, mais malheureusement pas celle de l'âge de l'univers, qui reste donnée par la relation $L = cT$; on sait que, pour $L \simeq 3.10^{27}$ cm, il vient $T \simeq 10^{17}$ s $\simeq 3^{9}$ années, valeur qui semble un peu courte.

Si l'on construit, en coordonnées polaires, un diagramme de Minkowski généralisé impliquant le rayon vecteur R et trois angles (θ) repérant les points de l'espace, la locution « univers en expansion » cédera le pas à celle de « exploration dans le sens chronologique du cosmos 4-dimensionnel, par les êtres vivants et conscients ».

La seconde propriété remarquable des cosmos tels que $R = bt$ est que les rayons lumineux y sont des spirales logarithmiques ($dR = bR\,d\theta$). La loi de Hubble y prend l'expression très simple $R/t =$ const., en vertu de laquelle il n'y a qu'un seul événement limite « inconnaissable », l'instant-point origine de l'expansion.

En vertu des précédents arguments, nous adopterons aussi le *second postulat de Jordan*

$$\text{(II)} \qquad \frac{R}{L} = -\frac{[illegible]}{2D} = \textit{nombre constant } \alpha = \frac{b}{c}, \qquad \textit{ou} \qquad R = bt.$$

3. Rappelons la forme donnée par W. De Sitter ([3]) aux équations de la gravitation d'Einstein pour les problèmes cosmologiques : K/R (K = +1, 0, −1), caractérise la courbure positive, nulle ou négative de l'espace. p désigne une pression spatialement isotrope, et les dérivées sont prises par rapport au temps cosmique t ; nous utilisons la forme sans constante cosmologique :

$$\text{(1)} \qquad 3(c^{-2}R'^2 - K) = \chi\rho R^2,$$

$$\text{(2)} \qquad 2c^{-2}RR'' - c^{-2}R'^2 - K = -\chi p R^2.$$

Par combinaison des (1) et (2) on l'établit sous forme intéressante et connue ([4]) de la loi de conservation du tenseur matériel

$$\text{(3)} \qquad d(\chi\rho R^3) + \chi p\, d(R^3) = 0,$$

ainsi que la relation

$$\text{(4)} \qquad c^2\chi R(3p + \rho) = -6R'' ;$$

(3) ou (4) peuvent remplacer (2).

Je dis que, moyennant l'unique postulat

$$\text{(III)} \qquad 3p - \rho = 0,$$

l'intégrale des (1) et (2) répond aux conditions (I) et (II), avec la relation entre constantes imposée alors par (1)

$$\text{(5)} \qquad 3(\alpha^2 - K) = \eta ;$$

en effet, d'après (4), la condition nécessaire et suffisante pour que $R''=0$ ou $R'=b$ est (III).

Par exemple, avec $K=+1$ (espace sphérique fermé) et $\alpha=0$, donc $R=$ const., puis $\eta=3$, l'on retrouve la solution statique d'Einstein, la présence de la pression négative p compensant ici l'absence du terme cosmologique ($\eta=2$ dans la présentation usuelle de cette solution).

Avec $K=+1$ et $\alpha=1$, donc $b=c$, il vient $\eta=6$.

En prenant $\chi\simeq 1,86.10^{-27}$ C.G.S., nous trouvons, pour la masse spécifique moyenne présente du cosmos $\rho\simeq 2,3.10^{-28}$ C.G.S.; notons que dans ρ figurent des participations difficiles à mettre en évidence, comme par exemple le terme de masse cinétique des neutrinos.

Comme dans la théorie partiellement analogue de Mac Crea ([4]), nous avons admis l'existence d'une pression négative, créatrice continue de masse lors de l'expansion; avec Mac Crea, nous supposerons cette pression spatialement uniforme, donc de gradient spatial nul, et inobservable de ce chef. A l'échelle astronomique moyenne, la valeur très faible de $-p\simeq 10^{-28}$ C.G.S. rendra inobservable le taux de création de masse $(\chi M)'/\chi M=L'/L\simeq 10^{-17}$ C.G.S.

4. Il résulte d'une précédente remarque que, dans un cosmos conforme au postulat de Haas, le second membre changé de signe des équations d'Einstein représente la densité d'énergie d'interaction gravitationnelle (négative par définition). La forme même de la relation (III) suggère alors fortement que l'interaction de gravitation est transportée par des corpuscules de masse propre nulle et de vitesse c; ce serait alors le travail de la pression (positive) de ces « gravitons virtuels » à énergie négative (par définition) qui serait responsable de la « création continue de masse ».

Touchant celle-ci, deux hypothèses que voici sont peut-être à considérer. L'exemple des théories des champs quantifiés suggère que la masse nouvelle (engendrée aux dépens de l'énergie potentielle de gravitation) devrait apparaître sous forme de gravitons libres; ainsi, l'expansion de l'univers aurait pour corollaire une émission d'ondes de gravitation. D'autre part, l'origine des rayons cosmiques demeure non incontestablement expliquée : l'on pourrait penser qu'une partie au moins d'entre eux est produite par matérialisations successives à partir de gravitons de très haute énergie.

([1]) *J. Phys. Rad.* (sous presse).

([2]) O. COSTA DE BEAUREGARD, *ibid.*

([3]) P. JORDAN, *Nature*, 164, 1947, p. 637.

([4]) *Proc. Roy. Soc.*, A 206, 1951, p. 562. Une relation de forme (I) vaut en théorie de Mac Crea, avec ρ et R constants, et R ayant une autre signification qu'ici.

([5]) *Bull. Astr. Inst. Netherlands*, 5, 1930, n° 193, p. 211 et n° 200, p. 274.

([6]) H. MINEUR, *L'univers en expansion*, Paris, 1933, p. 20.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La quantification du moment cinétique déduite de la théorie des champs de tétrapodes.* Note (*) de M. **Alix Aymard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le symbolisme des tétrapodes développé dans des Notes précédentes [1] conduit à la quantification du moment cinétique dans l'hypothèse d'une symétrie axiale.

Nous utiliserons les résultats déjà exposés [1] : en considérant dans l'espace-temps un champ composé d'une part de quatre vecteurs unitaires orthogonaux deux à deux désignés par **A**, **B**, **C**, **D**, le vecteur **A** étant du genre temps et les vecteurs **B**, **C**, **D** du genre espace, d'autre part de deux scalaires ρ et ω, ce champ étant régi par le Lagrangien

$$\sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\rho\left\{\mathbf{A}(\mathbf{B\dot{C}})+\mathbf{B}(\mathbf{C\dot{A}})+\mathbf{C}(\mathbf{A\dot{B}})+\mathbf{D}\dot{\omega}+\frac{2}{\hbar}m_0 c\cos\omega\right\}$$

on a vu que le courant est le vecteur $\rho\mathbf{A}$, le spin le vecteur

$$-\varepsilon\frac{\hbar}{2}\rho\mathbf{D}=-\varepsilon\frac{\hbar}{2}\rho[\overline{\mathbf{ABC}}] \qquad \text{avec} \quad \varepsilon=\pm 1=[\overline{\mathbf{ABCD}}]$$

et l'impulsion-énergie le tenseur asymétrique :

$$T_{ij}=-\frac{\hbar}{2}\rho\left\{A_i(\mathbf{B\dot{C}})_j+B_i(\mathbf{C\dot{A}})_j+C_i(\mathbf{A\dot{B}})_j+D_i\omega_{,j}\right\}.$$

Supposons maintenant que le champ soit stationnaire et possède une symétrie axiale par rapport à l'axe oz, autrement dit que les composantes du potentiel de gravitation, du courant, du spin et de l'impulsion-énergie ne dépendent pas du temps et que, en coordonnées polaires elles ne dépendent pas de φ. Dérivons par rapport à φ les relations

$$g^{ij}A_iC_j=0, \qquad g^{ij}C_iC_j=-1, \qquad g^{ij}D_iC_j=0, \qquad g^{ij}B_iC_j=0,$$

nous obtenons

$$A^iC_{i,\varphi}=0, \qquad C^iC_{i,\varphi}=0, \qquad D^iC_{i,\varphi}=0, \qquad B^iC_{i,\varphi}+C^iB_{i,\varphi}=0,$$

ce qui montre que

$$(1) \qquad C_{i,\varphi}=mB_i, \qquad B^iC_{i,\varphi}=-m, \qquad B_{i,\varphi}=-mC_i.$$

Comme l'impulsion-énergie ne dépend pas de φ il en est de même de ω puisque $\rho\cos\omega$ est l'invariant contracté et la composante suivant oz de la densité de moment orbital est :

$$\mathfrak{F}_z=-\sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\left\{A^0(\mathbf{B\dot{C}})_\varphi+B^0(\mathbf{C\dot{A}})_\varphi+C^0(\mathbf{A\dot{B}})_\varphi\right\}$$

Calculons les termes de l'accolade, on a :

$$(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})_3 = B^j C_{j,3} - B^j C^i \Gamma_{ij3} = -m - B^j C^i \frac{1}{2}(g_{i3,j} + g_{ij,3} - g_{j3,i})$$

$g_{ij,3}$ est nul et en supposant $g_{ij} = 0$ pour $i \neq j$ cette expression devient :

$$(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})_3 = -m - [\mathbf{BC}]^{ji} \frac{1}{2} g_{i3,j} = -m - \frac{1}{2}[\mathbf{BC}]^{13} g_{33,1} - \frac{1}{2}[\mathbf{BC}]^{23} g_{33,2}.$$

De même :

$$(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}})_3 = -\frac{1}{2}[\mathbf{CA}]^{13} g_{33,1} - \frac{1}{2}[\mathbf{CA}]^{23} g_{33,2},$$

$$(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}})_3 = -(\mathbf{B}\dot{\mathbf{A}})_3 = \frac{1}{2}[\mathbf{BA}]^{13} g_{33,1} + \frac{1}{2}[\mathbf{BA}]^{23} g_{33,2}.$$

La densité de moment orbital est donc :

$$\begin{aligned}
\mathfrak{T}^0{}_3 &= \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\rho \Big\{ m A^0 + \frac{1}{2}(A^0[\mathbf{BC}]^{13} + B^0[\mathbf{CA}]^{13} + C^0[\mathbf{BA}]^{13})\, g_{33,1} \\
&\qquad + \frac{1}{2}(A^0[\mathbf{BC}]^{23} + B^0[\mathbf{CA}]^{23} + C^0[\mathbf{BA}]^{23})\, g_{33,2} \Big\} \\
&= \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\rho \left(m A^0 + [\mathbf{ABC}]^{013} \frac{1}{2} g_{33,1} + [\mathbf{ABC}]^{023} \frac{1}{2} g_{33,2} \right) \\
&= \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\rho \left(m A^0 + \varepsilon D_2 \frac{1}{2} \frac{g_{33,1}}{\sqrt{-g}} - \varepsilon D_1 \frac{1}{2} \frac{g_{33,2}}{\sqrt{-g}} \right).
\end{aligned}$$

Supposons encore que l'on ait les expressions galiléennes :

$$\frac{1}{2}\frac{g_{33,1}}{\sqrt{-g}} = -\frac{\sin\theta}{r} \qquad \frac{1}{2}\frac{g_{33,2}}{\sqrt{-g}} = -\cos\theta,$$

on a finalement :

(2) $$\mathfrak{T}^0{}_3 = m\frac{\hbar}{2}\sqrt{-g}\,\rho A^0 + \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\varepsilon\rho D_z = m\frac{\hbar}{2}\sqrt{-g}\,\rho A^0 - S_z,$$

S_z étant la composante suivant oz de la densité de spin.

Cette relation (2) montre d'abord que m ne dépend pas de φ, d'où il résulte d'après (1)

$$C_{i,3,3} = m B_{i,3} = -m^2 C_i, \qquad C_i = f(r, \theta, t)\cos m\varphi,$$

et comme C_i doit reprendre la même valeur lorsque φ augmente de 2π, m est un nombre entier.

La relation (2) montre ensuite que la densité totale de moment cinétique spin compris est $m(\hbar/2)\sqrt{-g}\,\rho A^0$; en intégrant on obtient pour valeur du moment $m(\hbar/2)$ puisque $\int \sqrt{-g}\,\rho A^0\, dr\, d\theta\, d\varphi = 1$.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(1) A. AYMARD, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 885, 1100, 1198.

THERMOCINÉTIQUE. — *Sur la mesure du coefficient de convection thermique des fils métalliques de natures différentes.* Note de MM. **Israël Epelboin** et **André Vapaille**, présentée par M. Eugène Darmois.

On montre que dans la mesure du coefficient de convection thermique des fils métalliques de natures différentes, la détermination de l'échauffement θ à partir de la résistance R ne doit pas être effectuée à l'aide des relations analytiques préconisées dans la littérature, mais à l'aide d'une courbe R(θ) établie expérimentalement.

Dans l'étude de la convection thermique par les corps cylindriques de faible diamètre, on utilise généralement la méthode de Schleiermacher [1] du fil chaud qui consiste à échauffer le corps convectant au moyen d'un courant électrique d'intensité I. On détermine le coefficient superficiel d'échange h d'un fil de diamètre Φ et de longueur l au moyen de la formule

$$(1) \qquad h = \frac{RI^2}{4,18\pi\Phi l\theta},$$

θ étant l'échauffement, c'est-à-dire l'excès de la température T d'équilibre thermique du fil parcouru par le courant électrique sur la température T_0 du fluide relevée loin du corps convectant.

Pour déterminer θ à partir de R, la plupart des auteurs, qu'ils utilisent des fils de platine ou d'autres métaux, admettent entre ces deux grandeurs une relation analytique simple : une relation linéaire $R = R_0(1 + a\theta)$ [2], [3], [4], [5] ou bien une relation parabolique $R = R_0(1 + a\theta + b\theta^2)$ [1], [6], [7], [8], [9] ou encore les deux, chacune pour un domaine de température déterminé [10].

Les coefficients a et b sont tirés de tables ou calculés à partir de la résistance du fil mesurée à deux ou trois températures fixes parfois situées en dehors du domaine étudié (en général 0, 100 et 444,6°C). Notons que les valeurs de a et de b dépendent de la température de référence T_0 adoptée, celle-ci n'étant pas nécessairement égale à 0°C.

Si l'on admet la relation linéaire entre R et θ le coefficient h est donné par la formule

$$(2) \qquad h = \frac{RR_0I^2a}{4,18\pi\Phi l(R - R_0)}.$$

Dans le tableau ci-dessous, nous avons indiqué les valeurs moyennes de a obtenues expérimentalement entre 25 et 150°C pour divers fils de 100 μ de diamètre, la température de référence étant 25°C.

Métal	Pt.	Pd.	Ni.	Fe.	Cu.	Ag.	Au.
$a.10^4$	31,9	32,3	47	38	37,1	36,2	34,7

Si l'on introduit ces valeurs de a dans la formule (2) il semble que le coefficient h dépende du métal constituant le fil ([5]), ([11]).

Cette anomalie ne peut être due ni au rayonnement ni à la conduction de la chaleur aux extrémités du fil (effet des bouts). Aux échauffements étudiés ($\theta \leq 200^\circ$ C) le rayonnement est en effet négligeable. Quant à la conduction aux extrémités nous l'avons éliminée de deux façons différentes : mesure de h pour des fils de longueurs différentes et utilisation d'un fil de compensation; les résultats sont parfaitement concordants ([11]).

Il paraît cependant difficile d'expliquer uniquement par le phénomène de convection les écarts observés entre les valeurs ainsi définies des coefficients de convection α de fils de natures différentes. Par exemple nous avons effectué des mesures avec trois fils de même diamètre (100 μ), de natures différentes (Pt, Ag et Ni) et placés dans des conditions expérimentales très diverses. (Dans différents fluides : H_2, O_2, N_2, CO_2, He, Ne, A, Kr, Xe, glycérine, toluène, aniline; ainsi que dans l'air, enceinte de 5,6 cm de diamètre, pour des pressions allant de 765 à 10^{-2} mm de mercure.) Les résultats ont montré que :

a. Les différences observées entre les valeurs de α ne dépendent pas sensiblement de l'affinité chimique des fluides pour le métal constituant les fils : l'oxygène et les gaz rares donnant à peu près les mêmes écarts.

b. Ces différences se retrouvent avec des gaz ayant des pouvoirs d'adsorption variant de 9 (He) à 3 000 (CO_2), ce qui ne permet pas d'expliquer les résultats expérimentaux par une stabilité plus ou moins grande de la couche de gaz adsorbée à la surface du fil.

c. La dispersion des valeurs de α existe avec des fluides donnant des valeurs très différentes du produit du nombre de Grashof Gr par le nombre de Prandtl Pr, pour les gaz $Pr \times Gr$ varie de 8.10^{-6} (He, H_2) à 0,3 (Kr, Xe), pour le toluène de 0,8 à 25 et pour l'aniline de 1 à 80.

d. Dans l'air, aux pressions entre 765 et 10^{-2} mm de mercure, la perte de chaleur est différente d'un métal à l'autre aussi bien dans le domaine de pression où les échanges thermiques se font par convection (plus ou moins perturbée par les parois de l'enceinte) que dans le domaine de pression qui correspond à un échange thermique par conduction avec saut de température à la paroi du fil (10^{-2} à 10 mm de mercure) ou sans saut (10 à 40 mm de mercure).

Ces différences que l'on observe entre les valeurs de α peuvent en grande partie s'expliquer si l'on considère que θ ne doit pas être déterminé à l'aide des relations analytiques qui précèdent, mais graphiquement avec la courbe $R(\theta)$ tracée expérimentalement point par point dans tout le domaine d'échauffement exploré.

En particulier si l'on étudie des échauffements inférieurs à 200° C avec une température de référence de 25° C, ce qui est le cas de nos expériences, il faut

mesurer la résistance du fil pour un grand nombre de températures comprises entre 25 et 225° C. Pour ce faire, on place le fil dans un tube de verre renfermant le même fluide que lors de la mesure de α et l'on plonge ce tube dans un thermostat à bain d'eau (jusqu'à 75° C) ou de glycérine (entre 75 et 225° C), en utilisant deux résistances chauffantes l'une permanente l'autre commandée par un relais et en réglant le chauffage permanent afin de réduire au minimum la puissance du chauffage intermittent, on peut régler la température du bain avec une précision allant de 1/100e de degré à 25° C à mieux que 1/10 à 225° C.

Nous avons utilisé cette méthode pour déterminer en fonction de θ la résistance R des trois fils de 100 μ en Pt, Ag, et Ni plongés dans l'air. En comparant les courbes obtenues avec les courbes représentatives des relations $R = R_0(1 - a\theta)$ précédemment adoptées on constate qu'il n'y a pratiquement pas de différence pour l'argent, que la différence est faible pour le platine [$R < R_0(1 - a\theta)$ pour les forts échauffements], mais qu'elle est importante pour le nickel [$R > R_0(1 - a\theta)$ aux forts échauffements]. Dans le cas de l'air à la pression atmosphérique $5.10^{-4} < \text{Pr}\,\text{Gr} < 2.10^{-2}$, l'écart maximum entre les valeurs de α relatives à ces trois fils devient inférieur à 3 % si l'on détermine θ graphiquement. Il en est de même dans l'hélium $8.10^{-6} < \text{Pr} \times \text{Gr} < 5.10^{-4}$ et dans l'aniline $1 \leqq \text{Pr} \times \text{Gr} \leqq 80$.

Si l'on utilise les relations paraboliques $R = R_0(1 - a\theta - b\theta^2)$, les coefficients étant calculés à partir de mesures à 0, 100 et 200° C, on introduit encore une erreur qui se traduit par des écarts de 6 % entre les valeurs de α relatives aux trois métaux étudiés dans l'air à la pression atmosphérique.

En conclusion, la détermination directe de θ à partir de la courbe expérimentale $R(\theta)$ augmente considérablement la précision sur la mesure de α. Cette méthode permet donc d'établir avec plus de certitude la relation entre Nu et Pr × Gr dans le domaine des faibles valeurs de Pr × Gr ($10^{-6} \leqq \text{Pr}\,\text{Gr} \leqq 10^{4}$) où les résultats expérimentaux sont très dispersés et où les théories basées sur les hypothèses de la couche limite s'appliquent mal.

Ann. der Phys., **34**, 1888, p. 623; **36**, 1889, p. 346.

A. H. Davis, *Phil. Mag.*, **44**, 1922, p. 920.

A. E. Kennelly, C. A. Wright et T. S. van Bylevelt, *Trans. A. I. E. E.*, **28**, 1909, p. [illegible].

W. H. Mc Adams, J. N. Addoms, P. M. Rinaldo et R. S. Day, *Chem. Eng. Prog.*, **44**, 1948, p. 639.

I. Epelboin et A. Vapaille, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1363; **241**, 1955, p. 463.

J. E. Petavel, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A **191**, 1898, p. 501.

H. Gregory et C. T. Archer, *Proc. Roy. Soc. London*, **110**, 1926, p. 91.

B. G. Dickins, *Proc. Roy. Soc. London*, A **143**, 1935, p. 517.

C. Bory, *Thèse*, Paris, 1943, S.D.I.T. n° **189**.

I. Langmuir, *Phys. Rev.*, **34**, 1912, p. 401.

I. Epelboin, D. H. Pham et A. Vapaille, *Ann. Phys.*, **1**, 1956, p. 207.

ÉLECTRICITÉ. — *Quelques considérations sur la réalisabilité des circuits électriques.* Note de M. **Igor Gumowski**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans l'étude de la réalisabilité d'une fonction représentant une caractéristique de circuit, cette réalisabilité est généralement définie d'une des façons suivantes :

(I). D'après H. W. Bode [1], un circuit est dit réalisable si : 1° il est décrit avec une précision suffisante par un système d'équations intégrodifférentielles à coefficients constants, et si 2° ce système d'équations n'admet aucune solution particulière qui croît exponentiellement avec le temps.

Par conséquent, dans le sens de Bode on peut dire qu'une caractéristique $A(\omega)$ est réalisable si elle est déductible d'une fonction de transfert rationnelle en $p = \theta + j\omega$, n'ayant pas de pôles dans le demi-plan droit.

(II). D'après Wiener (-Redheffer) [2], [3], si la fonction $A(\omega)$ représente une résistance, cette résistance est dite réalisable, à condition que $A(\omega)$ admette une transformée de Hilbert non nulle $B(\omega)$. $A(\omega)$ doit être une fonction paire non négative et $\log A(\omega)$ doit admettre une transformée de Hilbert non nulle $\varphi(\omega)$. Dans ce cas $H(\omega) = A(\omega)\, e^{j\varphi(\omega)}$ décrira la fonction de transfert d'un circuit physiquement réalisable.

(III). Une troisième définition de réalisabilité est donnée par Wallman [4]. D'après cette définition une caractéristique $A(\omega)$ est dite réalisable si la fonction de transfert $H(\omega)$ du circuit correspondant est telle que sa réponse transitoire s'annule identiquement pour $t < 0$, s'il en est de même pour le signal d'entrée.

Lorsque $A(\omega)$ désigne une caractéristique d'amplitude, Wallman formule le critère de réalisabilité particulier suivant : lorsque $A(\omega)$ est sommable $L^2(-\infty, +\infty)$, la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une fonction de phase $\varphi(\omega)$ telle que $H(\omega) = A(\omega)\, e^{j\varphi(\omega)}$ soit réalisable est que l'intégrale

$$(1) \qquad \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\log A(\omega)}{1+\omega^2}\, d\omega$$

converge. L'énoncé précédent représente le théorème bien connu de R. E. A. C. Paley-N. Wiener sur les fonctions non quasi analytiques [5].

La condition de Bode s'applique uniquement aux fonctions de transfert rationnelles en $p = \theta + j\omega$, tandis que celles de Wiener (-Redheffer) et de Wallman (-Wiener) s'appliquent aussi aux fonctions de transfert non rationnelles. Illustrons ceci au moyen de deux exemples.

a. Considérons d'abord la caractéristique d'amplitude

$$(2) \qquad A(\omega) = \sqrt{\frac{\omega^2}{1+\omega^2}}.$$

Puisque la transformée de Hilbert de $\log A(\omega)$ existe, et est donnée par

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arc\,tg} \omega,$$

$A(\omega)$ est réalisable au sens de Wiener (-Redheffer). La caractéristique (2) est aussi réalisable au sens de Bode parce que

$$H(\omega) = A(\omega)\, e^{j\varphi(\omega)} = \frac{j\omega}{1 + j\omega}$$

n'a pas des pôles pour $\operatorname{Re} p > 0$. (2) est réalisable d'après la définition générale de Wallman; ceci ne peut pas s'établir en appliquant le critère (1), parce que $A(\omega)$ n'est pas sommable $L^2(-\infty, +\infty)$.

b. Considérons maintenant la caractéristique d'amplitude

$$A(\omega) = |\omega|^{-\frac{1}{2}}. \tag{3}$$

Cette caractéristique est réalisable au sens de Wiener (-Redheffer) parce que $\log A(\omega)$ admet une transformée de Hilbert non-nulle. En effet, $\log A(\omega)$ est la partie réelle de

$$-\frac{1}{2}\log z = -\frac{1}{2}\log\sqrt{x^2 + y^2} - j \operatorname{arc\,tg}\frac{y}{x}$$

lorsque $x = \omega$ et $y \to 0$. Donc, la transformée de Hilbert de $\log A(\omega)$ est donnée par

$$\varphi(\omega) = \begin{cases} -(2k+1)\dfrac{\pi}{2} & \text{pour } \omega > 0 \\ +(2k+1)\dfrac{\pi}{2} & \text{pour } \omega < 0 \end{cases}, \qquad k = 0, 1, 2, \ldots.$$

Comme $A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ n'est pas une fonction rationnelle de $j\omega$, la réalisabilité de (3) ne peut pas se déterminer d'après Bode. Et comme (3) n'est pas sommable $L^2(-\infty, +\infty)$, elle ne peut pas se déterminer non plus d'après Wallman.

Puisque $A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ admet une transformée de Fourier, il est facile de voir que (3) n'est pas réalisable au sens de Wallman. En effet, la réponse à une impulsion de $A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ est donnée par

$$u(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{0} \frac{e^{j\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)}}{\sqrt{-\omega}}\, d\omega + \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\infty} \frac{e^{j\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)}}{\sqrt{\omega}}\, d\omega$$

$$= \frac{2}{\pi}\int_{0}^{\infty} \sin t\omega^2\, d\omega = \begin{cases} +(2\pi t)^{-\frac{1}{2}}, & t > 0 \\ -(2\pi t)^{-\frac{1}{2}}, & t < 0 \end{cases}.$$

qui ne s'annule pas pour $t < 0$.

Si l'on admet que la réalisabilité au sens de Wallman est essentielle pour la réalisabilité physique, la définition de Wiener (-Redheffer) est non-suffisante; elle est aussi non-nécessaire, parce que le calcul d'une réponse transitoire à

partir d'une caractéristique sinusoïdale constitue un problème de variable réelle.

Il semble que la réalisabilité d'une caractéristique d'amplitude puisse se décider sur la base d'une équation intégrale. En effet, la caractéristique d'amplitude $A(\omega)$ sera dite réalisable au sens de Wallman si, pour au moins une fonction $g(t)$ il existe une fonction $\varphi(\omega)$ solution de l'équation singulière de Fredholm

$$(4) \qquad \frac{1}{2u}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{j\omega t}\,A(\omega)\,e^{j\varphi(\omega)}\,d\omega = \begin{Bmatrix} 0 & \text{pour } t<0 \\ g(t) & \text{pour } t>0 \end{Bmatrix} = u(t),$$

l'intégrale étant considérée au sens des distributions de L. Schwartz [6], [9], ou si nécessaire, dans un sens encore plus général.

Dans l'exemple (a), (4) admet une infinité des solutions. En particulier, si l'on choisit $g(t) = -e^{-t}$, $\varphi(\omega) = \operatorname{arctg}\omega + (\pi/2)$ est une solution de (4). Comme dans ce cas l'intégrale dans (4) ne converge pas au sens usuel, $u(t)$ ne sera pas une fonction usuelle, mais une distribution. Il est facile de vérifier que

$$u(t) = \delta(t) - Y(t)\,e^{-t},$$

où $\delta(t)$ est la mesure de Dirac et $Y(t)$ l'échelon unité.

(1) *Network analysis and feedback amplifier design*, D. Van Nostrand Co., New-York, 1945.

(2) M. R. Redheffer, *Tech. Rep.* No. 54, Res. Lab. M. I. T., 24 novembre 1947.

(3) R. M. Redheffer, *Jour. Math. Phys.*, 28, 1949, p. 140-147 (version abrégée de [2]).

(4) G. E. Valley et H. Wallman, *Vacuum Tube Amplifiers*, Mc Graw-Hill, New-York, 1948.

(5) *Am. Math. Soc. Colloq. Pub.*, 1934.

(6) *Théorie des distributions*, Hermann et Cie, Paris, 1950-1951.

(7) I. Halperin, *Introduction to the theory of distributions*, University of Toronto Press, Toronto, 1952.

(8) B. Friedman, *Mathematical research group*, Research Report No. E. M., 47, octobre 1952. New-York University.

(9) J. Korevaar, *Indagationes Mathematicæ*, 17, 1955, p. 368-389, 483-503, 663-674.

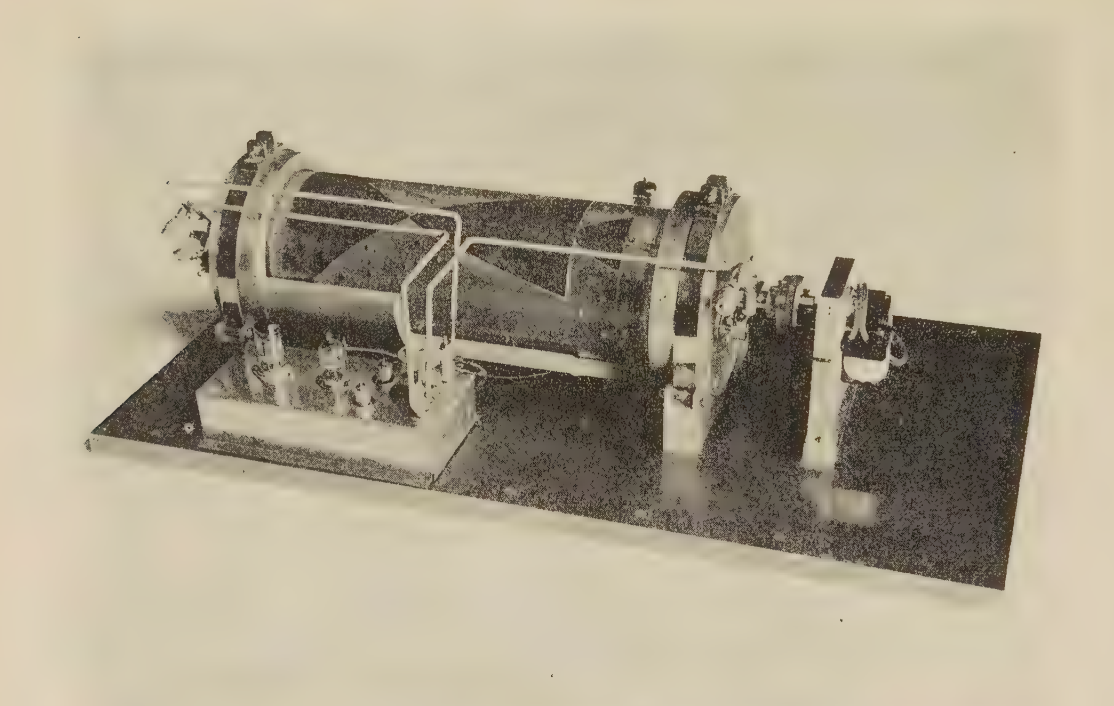
ÉLECTRICITÉ. — *Générateur de courants ultra-basse fréquence.*

Note (*) de M. **Pierre Dupin**, transmise par M. Charles Camichel.

L'auteur a réalisé un générateur ultra basse fréquence permettant d'obtenir une tension sinusoïdale dont la fréquence peut être aussi basse que désirée. L'amplitude réglable conserve la même valeur, quelle que soit la fréquence engendrée et la distorsion du signal est inférieure à 1 %.

Le générateur ultra basse fréquence comporte deux condensateurs tournants réalisés à l'aide de deux cylindres concentriques dont l'un en matière

isolante supporte les armatures métalliques mobiles de chacun des condensateurs. Ces deux condensateurs sont connectés en série et constituent à



l'aide d'une inductance un circuit oscillant, alimenté par un générateur haute fréquence fournissant une tension constante.

Quelle que soit la position des armatures mobiles la capacité équivalente des deux condensateurs est invariable. La loi de variation de l'une et l'autre des capacités en fonction de l'angle de rotation des armatures mobiles a été calculée de telle sorte que l'amplitude de la tension obtenue aux bornes de l'un ou de l'autre des deux condensateurs varie sinusoïdalement en fonction du temps si l'on imprime au cylindre une vitesse de rotation uniforme. (Dans le modèle réalisé la capacité équivalente constante des deux condensateurs était égale à 50 pF, la capacité minimum de chacun des condensateurs à 66,66 pF et la capacité maximum à 200 pF).

La loi de variation recherchée de la capacité, en fonction de l'angle de rotation du cylindre mobile, peut être obtenue avec une très grande approximation en constituant chacune des armatures mobiles à l'aide de trois triangles curvilignes dont on peut voir l'aspect sur la photographie ci-jointe.

Lorsque le cylindre mobile tourne avec une vitesse uniforme les tensions hautes fréquences prélevées aux bornes de chacun des condensateurs et dont les courbes enveloppes sont sinusoïdales sont redressées à l'aide d'une double triode. Les tensions recueillies sont parfaitement sinusoïdales et en opposition de phase. Leur fréquence est définie par la vitesse de rotation du moteur qui entraîne le condensateur tournant. Une double triode à charge cathodique permet une sortie à basse impédance. L'amplitude, réglable à l'aide d'un potentiomètre, reste constante, c'est-à-dire indépendante de la fréquence du signal si faible soit-elle. La distorsion reste toujours inférieure à 1 %. La figure ci-contre montre la réalisation mécanique de l'appareil et la forme de l'une des courbes de la tension obtenue à l'aide de cet appareil, relevée à l'aide d'un oscillographe cathodique.

(*) Séance du 2 janvier 1957.

ÉLECTRICITÉ. — *Calcul de la capacité d'un condensateur variable de haute précision à armatures planes.* Note (*) de MM. **Robert Lacoste** et **Georges Giralt**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs se sont attachés à la recherche systématique de toutes les erreurs pouvant intervenir dans le calcul de la capacité d'un condensateur variable à armatures planes dans l'air et donnent une limite supérieure de ces erreurs en fonction des caractéristiques mécaniques de l'appareil.

Il est souvent extrêmement utile de pouvoir calculer avec une grande précision la capacité d'un condensateur, en particulier dans tous les cas où sa valeur est trop faible pour donner lieu à une mesure valable, c'est-à-dire pratiquement au-dessous de 10pF.

C'est ainsi que la mesure précise des valeurs de crête des hautes tensions périodiques, basée sur la mesure d'un courant de capacité redressé, fait appel à l'utilisation d'un condensateur variable de faible capacité dont la précision conditionne pour la plus grosse part l'erreur sur la mesure de la tension.

Nous donnons ci-après les relations générales permettant de calculer, en fonction de l'épaisseur de la lame d'air, la capacité d'un tel condensateur ainsi que les limites supérieures des erreurs que l'on peut commettre.

Tout d'abord, en ce qui concerne le défaut d'uniformité du champ électrique dans la partie utile, la relation ci-après exprime en fonction de la largeur de l'anneau de garde d et de l'écart entre armatures $2a$, l'écart relatif $\delta = (|E_p| - |E_0|)/|E_0|$ du module du champ au bord de la partie utile vis-à-vis du module dans la partie non perturbée.

(1) $$\frac{d}{a} = -\frac{\delta - (1 + \operatorname{Log}\delta)}{\pi}.$$

Il nous a paru intéressant de caractériser géométriquement la déformation résiduelle du champ au point où elle est maximum. Si Δx représente l'écart maximum de la ligne de force réelle par rapport à la direction normale aux armatures, on peut écrire

$$\frac{\Delta x}{2a} = \frac{\delta}{\pi}.$$

L'uniformité du champ étant rendue acceptable, il est possible de tenir compte d'un défaut de parallélisme. Soit α l'angle, supposé petit, des plans des armatures. La solution de Laplace pour les potentiels se réduit alors à $V(\rho, \theta) = V_0\theta/\alpha$ et l'on obtient pour le coefficient d'influence de l'armature supérieure sur la partie utile, ou capacité utile du condensateur, les expressions suivantes dans lesquelles R représente le rayon de la partie utile, et e_0 l'écart des armatures, pris le long de l'axe

$$C = \frac{2\varepsilon\pi R^2}{e_0}\,\frac{1 - \sqrt{1 - \frac{e^2}{R^2}\operatorname{tg}^2\alpha}}{\alpha \operatorname{tg}\alpha}$$
$$= \varepsilon\pi\frac{R^2}{e_0}\left[1 + \left(\frac{1}{3} + \frac{R^2}{4e_0^2}\right)\operatorname{tg}^2\alpha + \left(\frac{4}{45} + \frac{R^2}{12e_0^2} + \frac{R^4}{8e_0^4}\right)\operatorname{tg}^4\alpha + \ldots\right].$$

Le terme correctif peut donc être facilement rendu négligeable.

Il est en outre possible d'évaluer l'erreur relative qu'introduit la perturbation due à la discontinuité de largeur $2b$ entre l'anneau de garde et la partie utile, en remarquant que $2b$ est en général petit par rapport à l'épaisseur de l'armature au voisinage de la discontinuité et en appliquant la transformation de Schwarz qui convient.

Nous en avons déduit que pour $b/a < 2$, il convenait de considérer dans le calcul, comme rayon de la partie utile, non plus R mais la valeur $R - b$, ce qui

conduisait surtout dès que $b/a < 0,5$ à des erreurs relatives absolument négligeables.

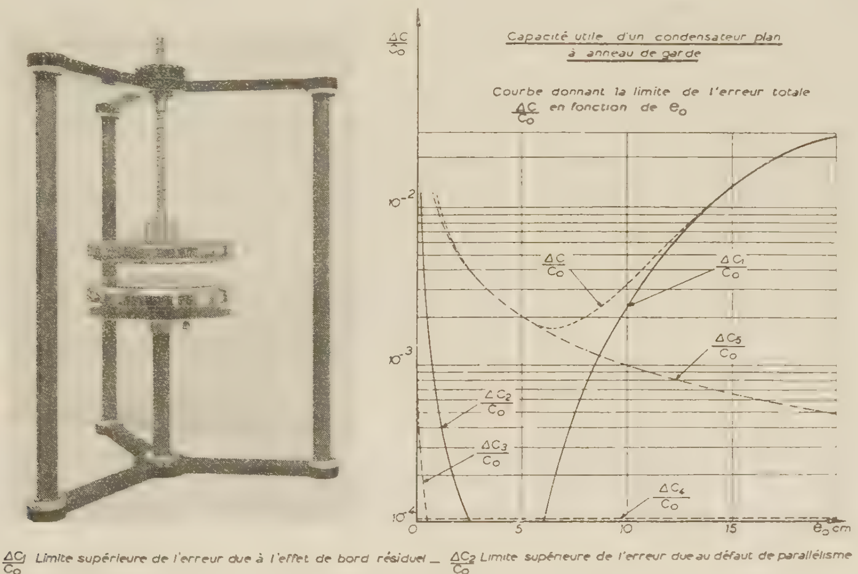
Nous avons analysé enfin, l'influence de la pression, de la température et du degré hygrométrique sur la valeur de la permittivité relative ε_r de l'air, égale dans les conditions normales (air sec pris à $T_0 = 273^\circ$ K et sous une pression $p_0 = 760$ mm de Hg) à $\varepsilon_{r_0} = 1,00058$.

Pour cela, nous avons étudié en premier lieu, en fonction de la pression p et de la température T, les variations de la constante diélectrique relative de l'air sec ε'_r en assimilant ce dernier à de l'azote.

La différenciation de la relation classique de Clausius-Mosotti relative à la polarisation molaire d'un gaz, nous permet d'écrire en effet :

$$\frac{\Delta\varepsilon'_r}{\varepsilon'_r} \# 6.10^{-4}\left(\frac{\Delta p}{p_0} - \frac{\Delta T}{T_0}\right),$$

ce qui conduit pour $T = 303^\circ$ K et $p = 740$ mm de Hg, conditions très défavorables de température et de pression, à une variation relative inférieure à 10^{-4}.



D'autre part, à partir de la relation de Debye, relative à la polarisation d'un milieu gazeux, résultant de dipôles permanents et induits, nous avons calculé le rapport $\varepsilon_r/\varepsilon'_r$ de la constante diélectrique relative de l'air humide à celle de l'air sec sous la pression normale, en fonction de la température et du degré hygrométrique.

Les résultats obtenus nous ont montré que pour un degré hygrométrique de 50 % et une température de l'ordre de 303° K, $\varepsilon_r/\varepsilon'_r \# 1,0002$.

Remarquons enfin que les influences de l'humidité et de la température sont

opposées et qu'il est apparu, dans ces conditions, que l'erreur relative globale due à la variation de ε ne dépasse pas 10^{-4} dans une salle de mesures normale.

En résumé, compte tenu des considérations précédentes, la relation :

$$C_0 = \varepsilon_r \varepsilon_0 \pi \frac{(R+b\,e)^2}{e_1}, \qquad \text{dans laquelle} \quad \varepsilon_r = 1{,}00058,$$

permet de déterminer la capacité d'un condensateur plan à armatures circulaires avec une erreur relative globale souvent très inférieure à 10^{-3}.

Cependant, pour conserver toute la précision qui découle des relations données, il est absolument nécessaire de compléter l'anneau de garde par un plateau de garde porté au même potentiel, le rôle de ce dispositif étant essentiellement de soustraire la surface extérieure de l'électrode centrale à l'influence de la face extérieure de l'autre armature.

La figure ci-dessus représente un condensateur de capacité variable réalisé sans précautions mécaniques spéciales en vue de la mesure de la valeur de crête des hautes tensions périodiques.

La plage d'utilisation du condensateur dans les meilleures conditions possibles peut être déterminée immédiatement, compte tenu de la courbe de variation de l'erreur globale, en fonction de l'épaisseur (graphique ci-dessus).

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(1) E. Durand, *Électrostatique et Magnétostatique*.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur un dispositif de réglage de la vitesse du moteur asynchrone monophasé*. Note (*) de M. **Yvon Surchamp**, transmise par M. Charles Camichel.

Le réglage de la vitesse d'un moteur asynchrone monophasé, rendu possible par utilisation du couplage en cascade dont le principe est rappelé, est nettement amélioré si l'on dispose un condensateur électrolytique aux bornes du moteur à courant continu de récupération.

Le contrôle de la vitesse d'un moteur asynchrone d'induction à l'aide d'un dispositif permettant la récupération de la puissance de glissement libérée par le secondaire est applicable au moteur asynchrone triphasé (1) comme au moteur asynchrone monophasé.

Dans ce dernier cas, ce dispositif se caractérise par l'utilisation d'un moteur à courant continu couplé mécaniquement avec le moteur asynchrone monophasé, et électriquement avec le secondaire de cette même machine par l'intermédiaire d'un redresseur à cellules de sélénium. Le réglage de vitesse est assuré par action sur l'excitation de la machine à courant continu dite moteur de récupération.

Le couple utile sur l'arbre du groupe est la résultante du couple développé par le moteur asynchrone et par le moteur à courant continu.

Des essais effectués sur un tel groupe, il résulte qu'aux basses vitesses le couple est essentiellement développé par le moteur de récupération, le moteur asynchrone jouant le rôle de transformateur dynamique; tandis qu'aux vitesses élevées la puissance libérée au secondaire du moteur asynchrone étant faible, le moteur à courant continu développe un couple très réduit. Le courant redressé qui traverse l'induit de cette machine est alors très élevé. La forme de l'onde de courant étant elle-même déformée par une importante ondulation résiduelle de fréquence prépondérante 100 Hz, il en résulte une commutation extrêmement défectueuse du moteur.

Pour atténuer ces inconvénients nous plaçons un condensateur électrolytique aux bornes de l'induit du moteur de récupération. Sa capacité est telle que l'impédance qu'il présente à l'ondulation résiduelle est négligeable devant celle de l'induit.

Ce fonctionnement particulier doit être rapproché du cas où le secondaire du moteur asynchrone monophasé est fermé sur un système de capacités triphasées.

Considérons le moteur asynchrone monophasé comme équivalent à l'ensemble de deux moteurs triphasés identiques accouplés mécaniquement, dont les enroulements primaires sont montés en série sous la tension d'alimentation, et connectés de manière à engendrer deux champs tournants de sens inverse.

L'étude ci-dessus est alors ramenée à celle d'un moteur asynchrone triphasé dont le secondaire est fermé sur un système de capacités triphasées.

Partant du système d'équations classiques :

$$V_1 = r_1 I_1 + jL_1\omega I_1 + jM\omega I_2,$$
$$-V_2 = r_2 I_2 + jL_2 g\omega I_2 + jMg\omega I_1,$$

et tenant compte de la capacité C disposée par phase au secondaire, si nous désignons par E_0 la force électromotrice de ce secondaire à l'arrêt, et par N_2 l'inductance des fuites totales ramenées au secondaire, nous obtenons pour le courant secondaire

$$I_2 = \frac{gE_0}{\sqrt{r_2^2 + \left[N_2 g\omega - \frac{1}{Cg\omega}\right]^2}}.$$

La puissance active P_2 mise en jeu au secondaire du moteur peut alors s'exprimer en fonction des éléments précédents et en faisant intervenir la puissance de court-circuit à l'arrêt

$$P_2 = Q\,\frac{E_0^2}{r_2} \quad \text{[illegible]} \quad Q \quad \text{[illegible]}$$

$$Q = \frac{g r_2^2}{r_2^2 + \left[N_2 g\omega - \frac{1}{Cg\omega}\right]^2}.$$

On démontre aisément, à partir des équations classiques, qu'à une marche à couple constant correspond $Q = \text{const.}$

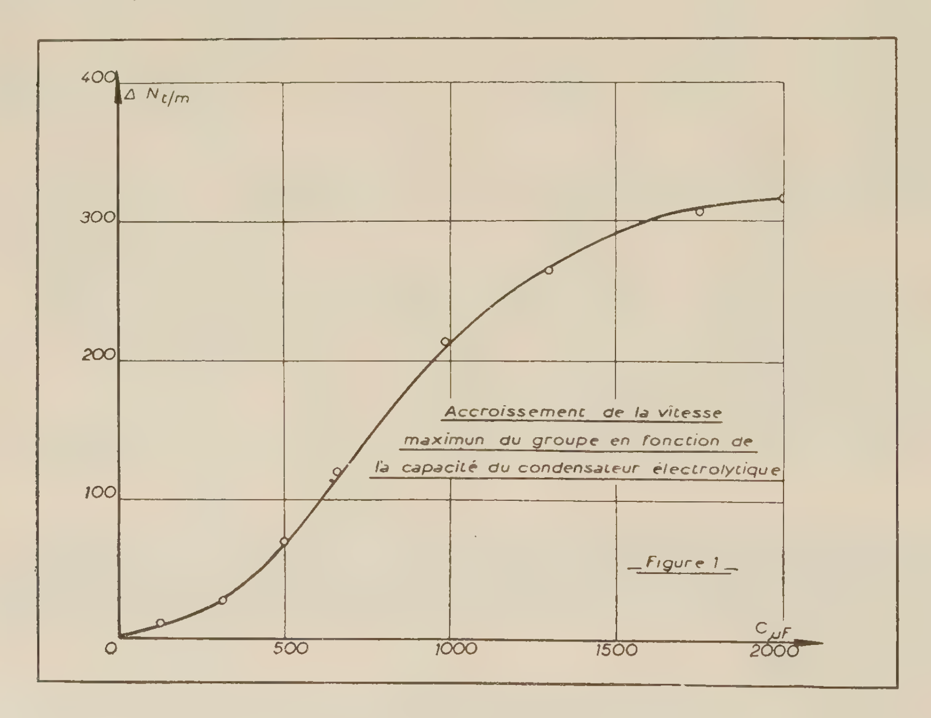
Désignons par Q_d et Q_i les valeurs des Q caractérisant les couples développés par les deux moteurs triphasés représentant le moteur asynchrone monophasé.

Le couple utile sur l'arbre du moteur monophasé est proportionnel à l'expression

$$Q_d - Q_i = r_2^2 \left[\frac{g}{r_2^2 + \left[N_2 g \omega - \frac{1}{C g \omega} \right]^2} - \frac{2-g}{r_2^2 + \left[N_2 (2-g) \omega - \frac{1}{C(2-g)\omega} \right]^2} \right]$$

qui montre que pour un couple constant ($Q_d - Q_i = \text{const.}$) nous pouvons régler la vitesse du moteur en modifiant la capacité C par phase.

Cependant nous voyons que nous ne pouvons ni atteindre la vitesse de synchronisme, ni la vitesse nulle.



Ce procédé revient en fait à réaliser une marche en contrôle rhéostatique, l'enroulement secondaire constituant la résistance de glissement.

Dans le cas du groupe permettant le réglage de vitesse, ce mode de fonctionnement n'est utilisé que pendant une fraction de période correspondant à la durée de l'ondulation résiduelle. Quant au condensateur électrolytique, il se trouve successivement reporté entre les diverses phases du rotor par l'intermédiaire du redresseur.

La présence du condensateur a donc pour effet d'augmenter la vitesse du groupe et son action devient très importante au voisinage de la vitesse

maximum (*fig.* 1), l'ondulation résiduelle de la tension redressée présentant alors son amplitude relative maximum.

L'introduction de ce nouvel élément dans le dispositif en modifie favorablement le fonctionnement en procurant :

un meilleur facteur de puissance;
un meilleur rendement;
une meilleure commutation;
une meilleure stabilité de vitesse;
un contrôle de vitesse plus souple et plus étendu.

(*) Séance du 2 janvier 1957.
(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2196.

OPTIQUE. — *Diffraction de la lumière par une onde ultrasonore plane progressive. Calcul de l'intensité des raies.* Note (*) de MM. **Norbert Segard** et **Jean Pouliquen**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans un article précédent (1) O. Nomoto propose une méthode qui ne fait appel qu'à l'optique géométrique pour calculer l'intensité des franges de diffraction à l'infini, données par une onde lumineuse plane monochromatique traversant un liquide parcouru par une onde ultrasonore plane et progressive.

Comme R. Lucas (2) il obtient pour la marche des rayons lumineux dans le bain soumis à l'action des ultrasons l'équation différentielle

$$(1) \qquad \frac{2\pi}{\Lambda}\sqrt{\frac{\Delta n}{n_0}}\,dz = \frac{dt}{\sqrt{(1-t^2)(1-k^2t^2)}};$$

Λ, longueur d'onde des ultrasons;
Λ_n, variation maxima de l'indice de réfraction;
n_0, indice de réfraction du liquide au repos;
x, distance parcourue par l'onde ultrasonore, comptée à partir du quartz;
x_0, valeur de cette distance quand le rayon lumineux pénètre dans le milieu soumis à l'action des ultrasons;
z, distance parcourue par le rayon lumineux comptée à partir de l'entrée dans le faisceau ultrasonore.

$$t = \frac{\sin\dfrac{\pi x}{\Lambda}}{\sin\dfrac{\pi x_0}{\Lambda}}, \qquad k = \frac{\sin\pi x_0}{\Lambda}.$$

L'intégration de cette équation différentielle permet de tracer le trajet des rayons lumineux et d'étudier la valeur p de l'ordre du spectre en fonction de

[illegible]

$$[illegible]$$

[illegible]

$$[illegible]$$

La théorie proposée par O. Nomoto n'est, comme il l'indique lui-même [illegible] pour interpréter nos résultats expérimentaux.

L'étude de la courbe qui représente les variations de cette fonction (2) pour [illegible] large de Λ.

[illegible] spectre d'ordre p est donc donnée par la pente de (2).

[illegible] ordre dus aux deux réseaux qui se composent géométriquement.

La différence de chemin optique [illegible] d'autre part produit une différence de phase entre les deux vibrations :

$$\delta_l = \int n_1 ds_1 - \int n_2 ds_2;$$

n_1 et n_2, fonctions représentant [illegible] les rayons 1 et 2;
ds_1 et ds_2 éléments d'arc de courbe des rayons 1 et 2.

$$\delta_a = p \frac{[illegible]}{\Lambda}.$$

Les calculs numériques nécessiteraient la tabulation de δ_l.

La différence de phase δ totale entre les rayons des deux réseaux est

$$\delta = \frac{[illegible]}{\lambda} + \frac{[illegible]}{\Lambda}.$$

L'intensité totale observée est

$$I_T^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2 I_1 I_2 \cos\delta.$$

I_T, intensité totale;
I_1, intensité due au premier réseau;
I_2, intensité due au deuxième réseau.

Dans le cas d'ondes stationnaires, il faut remplacer dans les calculs précédents ... par ... Le nombre de franges est alors fonction du temps.

Il faut donc considérer l'intensité de ces franges à des instants fractions de la période ... et sommer arithmétiquement toutes les intensités trouvées.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(¹) *Bull. de Kobayasi*, 1, nº 1, mars 1951.

(²) R. Lucas et P. Biquard, *J. Phys. Rad.*, 3, 1932, p. 464.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Au sujet de l'influence de l'ouverture du faisceau incident sur le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée par les molécules.* Note (*) de M. Alexandre Ivanoff et Mlle Jacqueline Lenoble, présentée par M. Jean Cabannes.

Calcul de l'influence de l'ouverture du faisceau incident, supposé homogène et incohérent, sur le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée dans une direction d'observation quelconque par des molécules anisotropes.

On sait que la mesure précise du facteur de dépolarisation ρ du rayonnement diffusé à 90° d'un faisceau incident de lumière naturelle par des molécules anisotropes doit tenir compte de l'ouverture du faisceau qu'elles reçoivent (¹).

R. Gans (²) a fait le calcul en supposant le faisceau incident incohérent et homogène et il a obtenu

$$\rho = \frac{6\rho_0 + 2(1-\rho_0)(1-\cos\Theta)(2+\cos\Theta)}{6-(1-\rho_0)(1-\cos\Theta)(2+\cos\Theta)},$$

Θ désignant le demi-angle au sommet du cône de rayons et ρ_0 le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée à 90° d'un faisceau incident de rayons parallèles. Pour de faibles ouvertures la formule se réduit à $\rho = \rho_0 + (\Theta^2/2)$.

La formule de Gans n'a d'ailleurs pas grand intérêt dans le cas des faibles ouvertures généralement utilisées au laboratoire, le facteur de correction ainsi calculé étant du même ordre de grandeur que certains facteurs instrumentaux que seule l'expérience permet de déterminer.

Mais le manque de parallélisme des rayons incidents peut intervenir dans d'autres problèmes et y jouer un rôle important. C'est le cas par exemple de la polarisation du résidu sous-marin de la lumière du jour. A. Ivanoff (³) a montré, en effet, que les variations de la polarisation sous-marine avec l'état du ciel, la profondeur et la longueur d'onde peuvent être expliquées par les variations correspondantes de la distribution angulaire de l'éclairement sous-marin (⁴).

Il nous a donc paru utile d'étendre les calculs de Gans au cas général où la

direction d'observation de la lumière diffusée fait un angle i quelconque avec l'axe du faisceau incident. On exposera par ailleurs ([4]) la méthode classique, analogue à celle de Gans, basée sur l'évaluation des composantes du vecteur de Fresnel. Les notations matricielles de Chandrasekhar ([5]) permettent d'atteindre le résultat beaucoup plus aisément sous sa forme la plus générale.

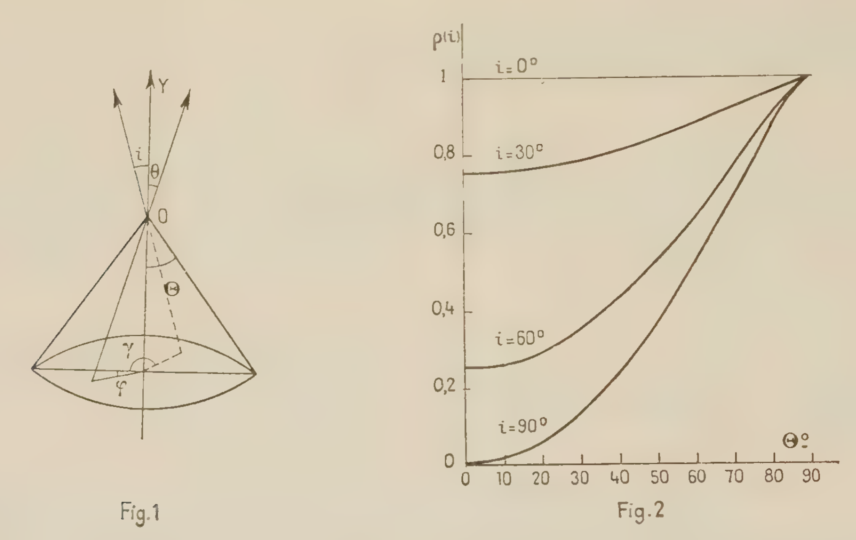


Fig. 2. — Variation de $\rho(i)$ en fonction du demi-angle au sommet Θ du faisceau incident; pour les directions faisant l'angle $i = 90°, 60°, 30°, 0°$ avec l'axe du cône.

Soit $\mathcal{E}(\theta, \varphi)$ la matrice représentant l'éclairement incident suivant la direction (θ, φ) (*fig.* 1) et $d\mathcal{I}(i, \gamma)$ la matrice représentant l'intensité diffusée suivant la direction (i, γ), ces matrices étant respectivement rapportées aux axes du plan d'onde parallèle et perpendiculaire au plan méridien; en posant $\mu = \cos i$ et $\nu = \cos\theta$ et en appelant k le coefficient d'absorption apparente par diffusion, la loi de Rayleigh s'écrit

$$d\mathcal{I}(i, \gamma) = \frac{3}{8\pi} k \left\{ \frac{1-\rho_0}{2+\rho_0} [P^0(\mu; \nu) + P^1(\mu, \gamma; \nu, \varphi) + P^2(\mu, \gamma; \nu, \varphi)] + \frac{\rho_0}{2+\rho_0} A \right\} \mathcal{E}(\theta, \varphi),$$

où

$$P^0(\mu; \nu) = \begin{pmatrix} 2(1-\mu^2)(1-\nu^2) + \mu^2\nu^2 & \mu^2 & 0 \\ \nu^2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$P^1(\mu, \gamma; \nu, \varphi)$ et $P^2(\mu, \gamma; \nu, \varphi)$ sont des matrices formées respectivement de termes en $\begin{smallmatrix}\sin\\ \cos\end{smallmatrix}(\varphi - \gamma)$ et $\begin{smallmatrix}\sin\\ \cos\end{smallmatrix} 2(\varphi - \gamma)$.

Dans le cas qui nous occupe, le faisceau incident est composé de lumière naturelle et la luminance L est constante dans toutes les directions;

on a donc

$$\mathcal{E}(\theta, \varphi) = \begin{pmatrix} \frac{L}{2} \\ \frac{L}{2} \\ 0 \end{pmatrix} d\nu\, d\varphi,$$

où φ varie de o à 2π et ν de $M = \cos\Theta$ à 1. L'intensité diffusée due à l'ensemble du faisceau incident est donc :

$$\mathcal{I}(i, \gamma) = \begin{pmatrix} I_x \\ I_y \\ U \end{pmatrix}_{i,\gamma} = \frac{3}{4} k \left\{ \frac{1-\rho_0}{2+\rho_0} \int_M^1 P''(\mu;\nu) \begin{pmatrix} \frac{L}{2} \\ \frac{L}{2} \\ 0 \end{pmatrix} d\nu - \frac{\rho_0}{2+\rho_0} \int_M^1 \Lambda \begin{pmatrix} \frac{L}{2} \\ \frac{L}{2} \\ 0 \end{pmatrix} d\nu \right\},$$

d'où

$$I_x = \frac{kL}{8(2+\rho_0)} \{ 4 - 6M + 2M^3 + 3\mu^2(M - M^3) - \rho_0[-2 + 2M^3 + 3\mu^2(M - M^3)] \},$$

$$I_y = \frac{kL}{8(2+\rho_0)} \{ 4 - 3M - M^3 - \rho_0[-2 + 3M - M^3] \},$$

$$U = 0.$$

La condition $U = 0$ traduit le fait que, par raison de symétrie, le rayonnement diffusé est polarisé dans le plan méridien ou perpendiculairement à ce plan; I_x et I_y sont respectivement les intensités correspondant à ces deux directions de vibrations; leur rapport est

$$\rho(i) = \frac{I_x}{I_y} = \frac{4 - 6M + 2M^3 + 3\mu^2(M - M^3) - \rho_0[-2 + 2M^3 + 3\mu^2(M - M^3)]}{4 - 3M - M^3 - \rho_0[-2 + 3M - M^3]},$$

Dans le cas particulier où $\mu = 0 (i = 90°)$, cette formule rejoint celle donnée par Gans. La figure 2 donne la variation de $\rho(i)$ en fonction de Θ pour diverses valeurs de i, dans le cas où $\rho_0 = 0$.

(*) Séance du 2 janvier 1957.

(1) *Voir* par exemple J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la Lumière*, Les Presses Universitaires de France, 1929, p. 95 et suiv.

(2) *Phys. Z.*, 28, 1927, p. 661.

(3) *Ann. Géoph.* (sous presse).

(4) La mer est éclairée par le Soleil, mais aussi par la voûte céleste. Cette lumière a d'autre part été réfractée à la surface de l'eau et a subi dans l'eau des diffusions multiples qui ne sont pas uniquement des diffusions moléculaires. Le calcul sujet de la présente Note ne peut donc que laisser prévoir l'ordre de grandeur des phénomènes qu'on observera.

(5) *Radiative Transfer*, Clarendon Press, Oxford, 1950.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Probabilité de transition dans un système atomique excité possédant trois niveaux inégalement espacés.* Note de MM. **Jacques-Émile Blamont** et **Jacques-Michel Winter**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un système atomique possédant des niveaux $|m\rangle$ d'énergie E_m est soumis à l'action d'un champ tournant de haute fréquence H_1, de pulsation Ω. Lorsque ces niveaux sont les sous-niveaux Zeeman m_F d'un niveau excité $|F\rangle$, de durée de vie $T_e = 1/\Gamma$, F. Bitter et J. Brossel [1] ont montré que la forme des raies de résonance est donnée par l'équation

$$(1)\qquad y = y_0 \frac{1}{T}\int_0^\infty P(F, m, m', t)\, e^{-\frac{t}{T_e}}\, dt,$$

où $P(F, m, m', t)$ est la probabilité de trouver à l'instant t dans l'état $|F, m'\rangle$ le système F qui à l'instant 0 était dans l'état $|F, m\rangle$. Si les sous-niveaux sont équidistants, $P(F, m, m', t)$ est donnée par une formule de E. Majorana [2]. C'est le cas de l'effet Zeeman de l'état $6\,^3P_1$ des isotopes pairs du mercure (de rapport gyromagnétique γ) où l'intégration (1) aboutit à la forme de raie étudiée par Brossel :

$$(2)\qquad y = y_0 (\gamma H_1)^2 \frac{(\gamma H_1)^2 + \Gamma^2 + 4\omega^2}{[\Gamma^2 + 4(\omega^2 + (\gamma H_1)^2)][\Gamma^2 + \omega^2 + (\gamma H_1)^2]},$$

où $\omega = \Omega - \Omega_0$, Ω_0 pulsation à résonance.

Les diverses conséquences de (2) ont été vérifiées par des expériences.

Nous nous proposons de calculer la forme de raie (1) dans le cas de trois niveaux non également espacés ; ce cas se présente lorsqu'on superpose des champs électrique et magnétique parallèles créant à la fois un effet Zeeman et un effet Stark. Nous avons appliqué une méthode inspirée par le calcul de Besset et al. [3].

La fonction d'onde du système à trois niveaux s'écrit

$$(3)\qquad \Psi = \Psi_1 a_1(t) + \Psi_2 a_2(t) + \Psi_3 a_3(t),$$

où les Ψ_i sont les fonctions propres des trois niveaux.

Les a_i sont les composantes d'un vecteur $|\vec{a}\rangle$ dont on se donne la position au temps $t = 0$ où la perturbation s'établit. $a_i a_i^*$ est la population du niveau i.

On calcule l'évolution de $|\vec{a}\rangle$ gouvernée par l'équation de Schrödinger

$$(4)\qquad i\frac{d}{dt}\vec{a} = H\vec{a}\quad (\hbar = 1)\qquad \text{où}\quad H = H_0 + \gamma\vec{J}.\vec{H}_1.$$

Les éléments de matrice H sont

$$H = H_0 + \frac{\gamma H_1}{2}\langle J_+\rangle e^{i\Omega t} + \frac{\gamma H_1}{2}\langle J_-\rangle e^{-i\Omega t}\qquad \text{pour}\quad J = 1.$$

On pose

(6) $$A = \frac{1}{\sqrt{2}}\gamma H_1, \qquad \omega = \Omega - \frac{E_3 - E_1}{2}, \qquad \varepsilon = E_2 - \frac{E_3 + E_1}{2}.$$

On passe dans le référentiel tournant ([4]) par la transformation canonique

(7) $$C_1 = a_1\, e^{i(E_2-\Omega)t}, \qquad C_2 = e^{iE_2 t}, \qquad C_3 = e^{i(E_2+\Omega)t}$$

et le système devient un système linéaire à coefficients constants.

Nous ne savons pas résoudre dans le cas général l'équation séculaire du troisième degré (système à trois niveaux) :

(8) $$\lambda^3 - 2\varepsilon\lambda^2 - \lambda(\omega^2 - \varepsilon^2 + 2A^2) + 2\varepsilon A^2 = 0,$$

mais la population à calculer peut s'exprimer à l'aide des fonctions symétriques des racines de (7) et le problème se résout complètement lorsqu'on fixe les conditions initiales. Nous fixons les conditions initiales suivantes correspon-

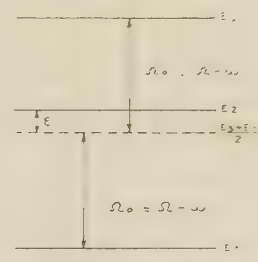


Fig. 1. — Effet Stark des isotopes pairs du mercure pour différentes valeurs arbitraires du champ de haute fréquence.

dant à nos expériences $C_2 = 1$; $C_1 = C_3 = 0$. Nous calculons la quantité $y = C_1 C_1^* + C_3 C_3^*$ puisque nous observons à la fois les transitions $2 \to 3$ et $2 \to 1$. On trouve après l'intégration suivant (1) :

(9) $$y = 4A^2 \sum_{1,2,3} \frac{(\lambda_1 - \varepsilon)(\lambda_2 - \varepsilon) + \omega^2}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)[\Gamma^2 + (\lambda_2 - \lambda_1)^2]}.$$

On voit qu'elle ne dépend que des fonctions symétriques des racines λ de (7). Tous calculs faits, il vient pour y :

(10) $$\frac{4A^2\Gamma^4 + \Gamma^2(\varepsilon^2 + 5\omega^2) + 4A^2) + 2[2\omega^2\varepsilon^2 + (\omega^2 + 2A^2)(2\omega^2 + A^2)]}{\Gamma^2[\omega^2 + \varepsilon^2 - 3(2A^2 + \omega^2)]^2 - 4\ [illegible]}$$

Cette formule se réduit à la formule (2) de Majorana Brossel si $\varepsilon = 0$. Elle est la solution exacte de (4) et représente la forme de la raie. Notons deux conséquences de (10) :

1° *Ordonnée du centre de la raie* $\omega = 0$. — Les racines de l'équation séculaire sont évidentes et l'on trouve $y = y_0(\gamma H_1)^2/[4(\gamma H_1)^2 + \Gamma^2 + \varepsilon^2]$. On peut donc mesurer ε/Γ en étudiant seulement l'ordonnée au point $\omega = 0$.

2° *Position ω_m des maxima des raies.* — Elle est donnée par

$$\omega_m = \varepsilon\left(1 + 4\frac{(\gamma H_1)^2}{\varepsilon^2}\right),$$

développement valable pour $\gamma H_1 < \varepsilon$, $\gamma H_1 < \Gamma$.

Si l'intensité du champ de haute fréquence γH_1 augmente *les maxima vont s'écarter.* Cette forme de raie ne peut être considérée comme une superposition de deux raies ayant la forme de Lorentz, en particulier une telle superposition conduirait à un rapprochement des sommets. Cependant si $\varepsilon \gg \gamma H_1, \Gamma$, on peut assimiler la courbe à la somme de deux raies de Lorentz.

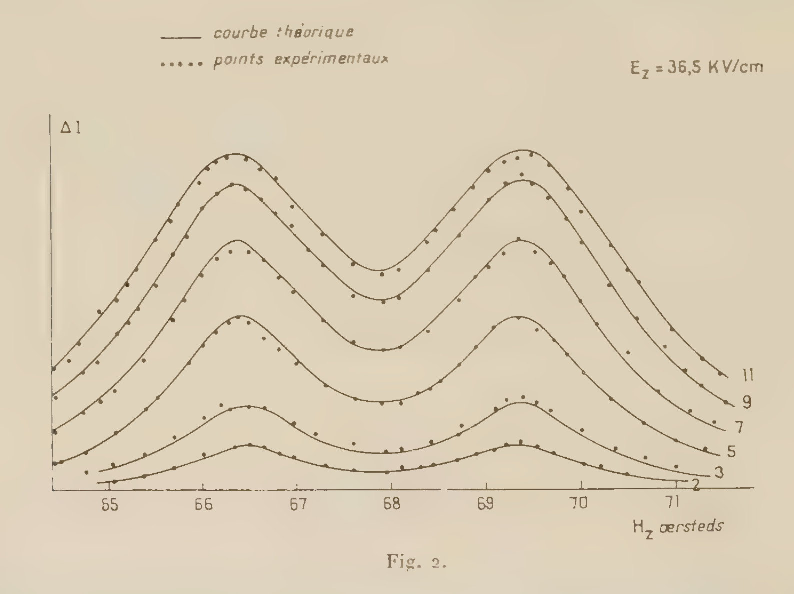


Fig. 2.

Vérification expérimentale. — Le cas de l'effet Stark du niveau 6^3P_1 de l'atome de mercure (isotopes pairs) ([5]) correspond exactement au cas traité. ε est la différence des déplacements Stark des niveaux $m = 0$ et $m = \pm 1$. Nous avons vérifié la formule (10) dans tous ses détails. La figure 2 représente un exemple de comparaison de courbes expérimentales et théoriques.

Ainsi la résolution complète de l'équation et l'accord du résultat avec l'expérience permettent-ils de déterminer les paramètres ε et Γ dans un cas où la largeur de la raie est imposée par trois facteurs ε, Γ, γH_1 qui sont du même ordre de grandeur, ce qui n'aurait pas été possible si nous avions employé pour résoudre le problème, une méthode de perturbation.

(1) *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 308.

(2) *Nuovo Cimento*, 9, 1932, p. 43.

(3) C. Besset, J. Horowitz, A. Messiah et J. Winter, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 251.

(4) I. Rabi, N. Ramsey et J. Schwinger, *Rev. Mod. Phys.*, 26, 1954, p. 167.

(5) J. Blamont et J. Brossel, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1487; J. Blamont, *Thèse*, Paris, 1956.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension superficielle du fer, cobalt et nickel à 1550° C.* Note (*) de MM. **Paul Kozakevitch** et **Georges Urbain**, présentée par M. Albert Portevin.

On mesure les tensions superficielles du fer, du cobalt et du nickel liquide par la méthode de la goutte posée sur un support réfractaire. On obtient pour le fer, le nickel et le cobalt à 1550°C : 1835, 1924 et 1936 dyne.cm^{-1} en prenant respectivement 7,2, 7,6 et 7,8 g.cm^{-3} pour les massesspécifiques à cette température avec un écart type de 15 dyne.cm^{-1} pour un ensemble d'au moins 50 déterminations.

Des mesures récentes (1), (2) montrent l'influence considérable du soufre et de l'oxygène dissous dans le fer liquide sur sa tension superficielle γ. La possibilité d'une telle contamination par des traces d'éléments tensioactifs laisse un doute sur l'exactitude des données actuelles pour le fer; en effet, les chiffres les plus récents s'échelonnent de 1370 dyne.cm^{-1} en 1949 (3) à 1560 dyne.cm^{-1} en 1953 (4) et à 1720 dyne.cm^{-1} en 1955 (2). Une seule détermination est connue pour le nickel (4) aucune pour le cobalt,

On utilise la méthode de la goutte posée sur un support. Le mode de calcul a déjà été décrit (1) mais l'appareillage a été modifié en portant une attention particulière aux points suivants : la préparation des échantillons de grande pureté; le contrôle de la pression partielle d'oxygène dans le tube laboratoire, l'utilisation systématique de supports préparés avec des oxydes purs. Les échantillons de fer sont obtenus à partir de fer carbonyl traité à 1200° C par de l'hydrogène humide, puis de l'hydrogène sec. L'impureté principale de ce fer est environ 0,004 à 0,015 % de Ni dont l'influence sur γ_{Fe} est négligeable étant donné la valeur élevée de γ_{Ni}. Les teneurs maxima d'impuretés sont les suivantes : carbone, 0,001 % ; oxygène, 0,0008 % ; soufre non décelable par combustion, Mn, 0,0007 % ; Si, 0,001 % ; Al, 0,001 % ; Cu, Ag, Mg, As, 0,0003 % ; Cr, Co, Mo, V, Sn, Pb, non décelables par spectrographie. Des lingots de 400 g sont fondus et coulés sous vide dans un moule en cuivre refroidi. Avec la même technique, on prépare des alliages à teneur connue en cérium et zirconium (0,09 % et 0,21 %). Les échantillons de cobalt et de nickel sont des standards spectrographiques dont les seules impuretés dosables sont : fer, 0,0005 % et 0,001 % ; Si, 0,0002 % ; Al, Cu, Mg, inférieurs à 0,0001 %. Ces métaux ayant une teneur importante en oxygène (0,006 et 0,041 %) ils étaient laissés sous hydrogène 4 h avant toute mesure.

L'espace laboratoire du four est constitué par un tube en réfractaire étanche (alumine frittée, mullite ou masse K) vidé par une pompe à palettes et balayé avec de l'hydrogène purifié et desséché ou de l'argon desséché et désoxydé par passage sur de l'éponge de titane. Un contrôle de la pression partielle d'oxygène donne environ 10^{-15} atm comme limite supérieure, alors que le calcul basé sur

la teneur résiduelle en H_2O laissée par le desséchant (2 µg par litre de gaz à 20°) conduit à une limite inférieure : 10^{-18} atm.

Les supports réfractaires pour les gouttes de métal sont préparés avec des oxydes purs : Al_2O_3, 99,5 % ; CaO, 98 % ; BeO, 99 % ; ZrO_2, stabilisée par CaO ; ThO_2, 99 % ; moulés et cuits en leur laissant une notable porosité. Ceci pour que la goutte conserve un angle de raccordement élevé (> 90°) nécessaire aux mesures sur l'image de la goutte. La technique de mesure et les calculs sont les mêmes que ceux des publications précédentes ([1]); le dispositif expérimental est d'autre part décrit en détail ([5]).

On effectue une comparaison des moyennes des constantes capillaires :

$$a^2 = \frac{\gamma}{g\rho} \quad (g, \text{ accélération de la pesanteur}),$$

obtenues par combinaison des facteurs suivants :

— un métal pur (Fe) ou additionné de désoxydants 0,092 %, 0,003 % de Ce et 0,21 % de Zr ;

— quatre types de supports réfractaires en Al_2O_3, CaO, BeO, ZrO_2, ThO_2 ;

— sous atmosphère d'hydrogène ou d'argon purifié,

sans pouvoir mettre en évidence une influence systématique d'un de ces facteurs. Ceci permet de penser que les valeurs suivantes des constantes capillaires et des tensions superficielles de Fe, Co, Ni sont objectives.

Constante capillaire a^2 et tension superficielle γ de Fe, Co *et* Ni *à* 1550° C.

	Fer.	Fer + désoxydant.	Cobalt.	Nickel.
Nombre de mesures	67	10	19	15
a^2 Moyenne	26,6	25,8	25,3	25,8
a^2 Écart-type	0,22	0,25	0,14	0,22
ρ masse spécifique à 1550° C (g.cm^{-3})	7,2		7,8	7,6
γ tension superficielle à 1550° C (dyne.cm^{-1})	1835	1835	1936	1934
Intervalle de confiance pour P = 0,68	±15	±15	±11	±16

Il faut noter le manque de données pour la masse spécifique du cobalt liquide; notre estimation est basée sur une mesure graphique du volume de la goutte liquide avec les mêmes clichés que ceux des mesures des constantes capillaires. Pour les densités de Fe et Ni, nous obtenons des valeurs plus voisines de celles de C. Benedicks ([6]) que des mesures plus récentes de V. N. Stott ([7]).

(*) Séance du 7 janvier 1957.

([1]) P. Kozakevitch, S. Chatel, G. Urbain et M. Sage, *Rev. Mét.*, 52, 1955, p. 139 ; *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1690.

(2) F. A. Halden et W. Kingery, *J. Phys. Chem.*, 59, 1955, p. 557.
(3) G. Becker, F. Harders et H. Kornfeld, *Archiv für das Eisenhüt.*, 20, 1949, p. 363.
(4) M. D. Kingery et M. Humenik, *J. Phys. Chem.*, 57, 1953, p. 359.
(5) P. Kozakevitch et G. Urbain, *J. Iron and Steel Institute* (sous presse).
(6) C. Benedicks, N. Ericsson et G. Ericsson, *Archiv für das Eisenhüt.* 3, 1930, p. 573-586.
(7) V. N. Stott et J. H. Rendall, *J. Iron and Steel Institute*, 175, 1953, p. 374-378.

PHYSIQUE DES MÉTAUX. — *Étude aux rayons X des phénomènes de précipitation dans l'alliage* Al-Zn-Mg *à* 9 % *de* Zn *et* 1 % *de* Mg (AZ9G1). Note de M. **René Graf**, présentée par M. Maurice Roy.

À la température ordinaire on observe des phénomènes de pré-précipitation, dus à des zones de forme sphérique. La précipitation conduit à la phase d'équilibre $MgZn_2$, mais on met en évidence l'existence d'une phase intermédiaire hexagonale, en épitaxie avec la matrice, et responsable du durcissement de l'alliage aux températures de l'ordre de 100°.

Cette étude est parallèle à celle effectuée précédemment sur l'alliage à 7 % de Zn et 3 % de Mg (AZ7G3) [1]. Mais alors que cet alliage appartenait au domaine d'équilibre (Al) — $Al_2Mg_3Zn_3$, l'alliage actuel se situe dans le domaine (Al) + $MgZn_2$. La température de trempe reste fixée à 460°. La décomposition de la solution solide sursaturée s'effectue en trois stades :

1° *Pré-précipitation.* — Après vieillissement à la température ordinaire, les diagrammes de diffusion centrale montrent l'existence d'un anneau, que l'échantillon soit mono ou polycristallin. Cet anneau disparaît par le traitement de réversion (15 s à 200°). Comme dans l'alliage AZ7G3, il se forme donc des « zones » sphériques riches en Zn, mais l'anneau de diffusion est ici plus petit et plus intense : son diamètre moyen correspond à 60 Å. Ainsi, lorsque la teneur en Mg diminue, la dimension des zones de pré-précipitation augmente. Ce fait est probablement lié à la faible mobilité des atomes de Mg dans le réseau.

Au début du vieillissement à la température ordinaire, les diffusions hors du centre observées sur les diagrammes de monocristaux sont identiques à celles obtenues dans les mêmes conditions pour l'alliage AZ7G3. Elles disparaissent complètement par le traitement de réversion. Mais, après quelques jours, on constate une évolution sensible de cette figure, qui prend finalement l'aspect représenté figure 1. Cette évolution avait également été notée dans l'alliage AZ7G3 à partir de 50° : elle traduit une modification de l'organisation intérieure des zones, que nous cherchons actuellement à préciser. Dans cet état, le traitement de réversion fait disparaître la plupart des diffusions, sauf certaines taches situées au voisinage du cercle (200) Al. On est alors déjà dans le domaine de la précipitation. Cela explique pourquoi la réversion de l'alliage n'est pas

complète : la dureté moyenne après trempe est de 41 kg/mm², tandis qu'après le traitement de réversion elle reste de l'ordre de 55 kg/mm².

2° *Précipitation d'une phase intermédiaire.* — Aux températures supérieures à 75°, on aboutit au diagramme représenté figure 2, qui caractérise nettement un précipité. Bien que l'exploration du réseau réciproque correspondant ne soit pas encore achevée, il est hors de doute qu'il ne s'agit pas de la phase $MgZn_2$ normale. La figure 3 montre par exemple le voisinage des taches (111) de la matrice : elle met en évidence des réflexions alignées sur les rangées [111], et qui divisent par exemple le segment (111)-(220) en six parties égales. On peut interpréter cette figure par l'existence d'une phase intermédiaire de structure hexagonale, en épitaxie complète avec la matrice. L'axe sénaire de cette phase est parallèle aux directions [111] de la matrice, et le paramètre c est égal à $6 d_{111}$ (Al) = 14,03 Å, soit deux fois la diagonale du cube à faces centrées. Les plans (0001) de la phase intermédiaire ont une structure hexagonale superposable à celle des plans (111) de la matrice, et l'on a probablement $a = 4,96$ Å, avec par exemple [100] hex ‖ [112] cub. L'analogie de cette structure avec celle de la phase quadratique θ' des alliages Al-Cu est frappante. Les diagrammes de diffusion centrale montrent qu'après 72 h à 100° il y a toujours un anneau, dont le diamètre correspond à 120 Å, auquel se superposent des traînées dirigées suivant [111]. Il est donc probable que la phase intermédiaire se développe en prenant la forme de plaquettes parallèles aux plans (111) de la matrice. Après 120 h à 100° l'épaisseur de ces plaquettes est de l'ordre de 30 Å. La suite du processus conduit à penser que la structure de la phase intermédiaire n'est pas très éloignée de celle de la phase $MgZn_2$. Sa composition est vraisemblablement aussi $MgZn_2$, et on peut la distinguer de la forme d'équilibre η en la désignant par η'.

3° *Précipitation de la phase d'équilibre.* — La figure 2 se retrouve au début du revenu à 135, 175 et 200°. Mais dès 6 h à 135° on observe l'apparition d'un deuxième ensemble de réflexions, voisines de certaines taches de la phase η', et correspondant à des distances réticulaires plus grandes. L'intensité de ces réflexions augmente, tandis que les taches de la phase η' disparaissent : on obtient une figure analogue à la précédente (*fig.* 4). Puis se développent de nombreuses taches fines, sans orientation définie, et sur les diagrammes de poudres les raies de la phase $MgZn_2$ deviennent visibles. On peut donc admettre que la phase intermédiaire instable η' se transforme en la phase d'équilibre $MgZn_2$ η. Certaines plaquettes croissent en restant en épitaxie plane avec la matrice, mais il y a une différence de l'ordre de 5 % entre les mailles coïncidantes. Les autres plaquettes se redissolvent, en même temps qu'apparaissent des précipités de forme et d'orientation quelconques. A 250° on n'obtient pratiquement plus que la phase $MgZn_2$ η, dont les paramètres mesurés sont $a = 5,23$ Å et $c = 8,57$ Å.

Sur les diagrammes de poudres, il n'a pas été observé d'autres raies que

celles de la phase $MgZn_2\eta_1$. Celles-ci apparaissent plus tard que pour l'alliage AZ7G3 : à 135° par exemple, elles ne sont visibles qu'à partir de 120 h. Il est probable que les cristallites de phase η_1' sont trop petits et de structure trop imparfaite pour donner une diffraction notable sur ces diagrammes.

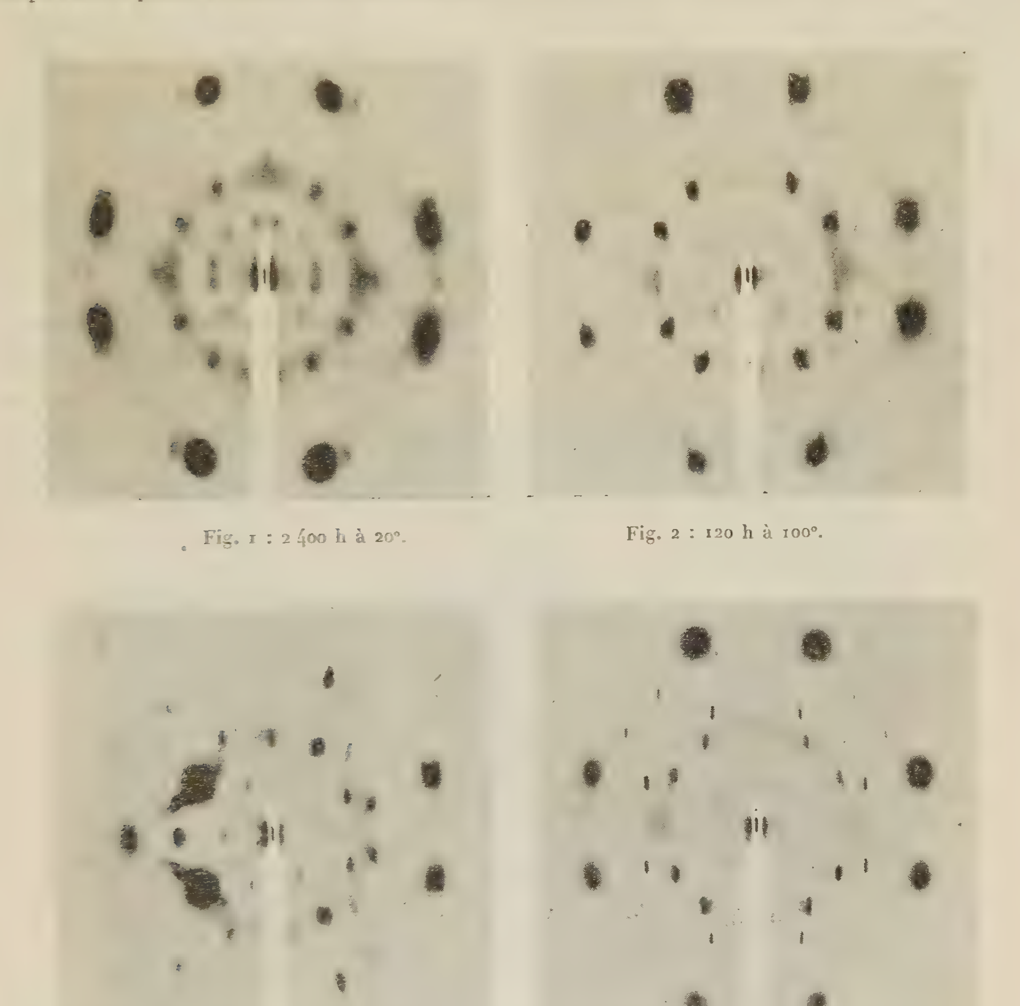


Fig. 1 : 2 400 h à 20°.

Fig. 2 : 120 h à 100°.

Fig. 3 : 120 h à 100°.

Fig. 4 : 480 h à 175°.

Le durcissement de l'alliage est surtout important à 100°, où la dureté atteint 130 kg/mm². Il se révèle donc lié à l'existence de la phase intermédiaire. Les caractéristiques mécaniques restent toutefois inférieures à celles de l'alliage AZ7G3. Dans ce dernier alliage, il est possible que la phase η_1' intervienne également, mais beaucoup plus fugitivement.

Il faut enfin souligner l'analogie de cette évolution avec celle des alliages Al-Zn (4). Dans le « durcissement à froid », c'est le Zn qui joue le

rôle déterminant, en imposant la forme sphérique des zones, bien que celles-ci contiennent aussi du Mg d'après les diffusions hors du centre. Le « durcissement à chaud » correspond au développement d'une phase hexagonale sous forme de plaquettes orientées. L'analogie est moins nette pour l'alliage AZ 7 G 3, plus riche en Mg.

R. Graf, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1311 et 2834.
A. Guinier, *Mesures*, **11**, 1946, p. 382.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la dissolution sélective des alliages fer-chrome-nickel.* Note (*) de M. **Henri Hatwell**, présentée par M. Georges Chaudron.

Nous avons décrit précédemment ([1]) un aspect nouveau de la dissolution sélective des alliages fer-chrome et fer-chrome-nickel. Sous certaines conditions : attaque acide réductrice (H_2SO_4 dilué bouillant) ou attaque anodique dans l'acide oxalique à 10 %, nous avons observé que les régions en bordure des joints de grain demeurent en relief, alors que la masse des cristaux est profondément attaquée (*fig.* 1). Nous avons désigné cette



Fig. 1. — Aspect typique de la corrosion en nid d'abeilles dans un fer-chrome-nickel 25/20. Attaque anodique dans l'acide oxalique à 10 %. G = 600.

attaque sélective du nom de « corrosion en nid d'abeilles », d'après l'appellation utilisée par G. Chaudron, P. Lacombe et N. Yannakis ([2]) pour décrire un phénomène analogue observé sur l'aluminium pur.

Nous avons observé cette corrosion particulière uniquement après un traitement thermique qui a permis la précipitation intercristalline d'une phase plus riche en chrome que la matrice, du carbure de chrome dans le cas des alliages fer-chrome-nickel et la phase σ dans le cas d'un fer-chrome à 25 % de chrome.

Dans un travail antérieur ([3]) nous avons montré, sur des alliages fer-chrome, que la courbe de potentiel de dissolution en fonction de la teneur en chrome ne présente plus le saut de potentiel prévu par la loi d'autoprotection de Tammann et Portevin lorsque les alliages sont privés de leur pellicule superficielle de passivation par abrasion en atmosphère inerte. Ce résultat laissait donc prévoir que, dans les conditions d'attaque où la passivité ne se produit pas, la vitesse de dissolution sera d'autant plus grande que la teneur en chrome sera plus élevée, le chrome étant situé plus bas que le fer dans la série électrochimique.



Fig. 2. — Microradiographie d'un alliage fer-chrome-nickel à 25/20. Anticathode de Co. G = 300.

Dans une étude systématique ([1]), nous avons montré en effet que la vitesse de dissolution anodique dans l'acide oxalique à 10 % des alliages fer-chrome augmente très rapidement avec la teneur en chrome, à condition toutefois que la tension appliquée soit suffisamment basse pour prévenir le dégagement d'oxygène qui ferait apparaître la passivité de l'alliage. Nous en avons conclu que les régions intercristallines qui demeurent en relief dans la corrosion en nid d'abeilles sont appauvries en chrome par la précipitation intergranulaire.

Il restait cependant à vérifier que la loi de variation de la vitesse de

dissolution anodique en fonction de la concentration en chrome, établie sur différents alliages homogènes, restait valable dans le cas d'une surface présentant des variations de concentration en chrome dans un alliage fer-chrome-nickel. Deux objections pouvaient être présentées : d'une part, les phénomènes de polarisation engendrés par l'hétérogénéité de potentiel de la surface, et d'autre part, la présence du nickel.

L'expérience que nous décrivons dans cette Note nous a permis de faire cette vérification avec certitude. En effet, sur un lingot brut de coulée d'un alliage fer-chrome-nickel (25/20), on découpe une tranche dont on réduit l'épaisseur à 0,1 mm par polissage. L'examen microradiographique avec le rayonnement du cobalt révèle la ségrégation du chrome dans les espaces interdendritiques (*fig.* 2). Le chrome ayant un coefficient d'absorption plus grand que celui du fer ou du nickel apparaît en clair sur la microradiographie.

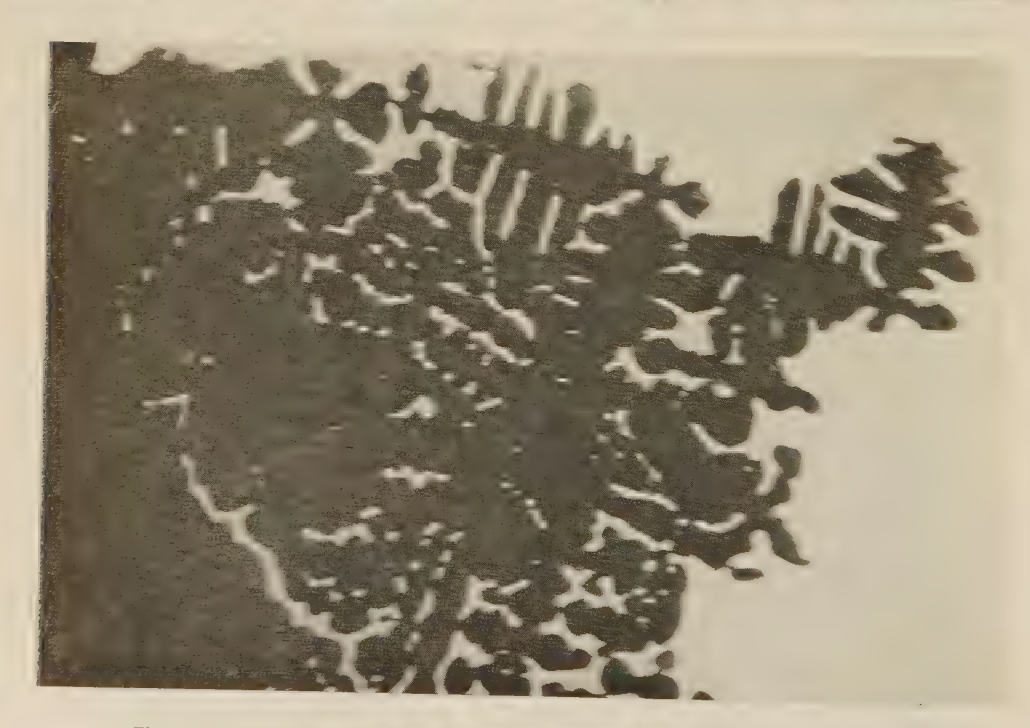


Fig. 3. — Dissolution sélective [illegible] dans l'acide oxa[illegible]

radiographie. Si l'éprouvette est alors attaquée anodiquement dans l'acide oxalique à 10 % dans les mêmes conditions qui permettent l'obtention des structures de corrosion en nid d'abeilles, on observe que les espaces interdendritiques se dissolvent très rapidement et l'on peut isoler l'édifice dendritique appauvri en chrome (fig. 3, éclairage par transparence).

Cette expérience confirme que la corrosion en nid d'abeilles observée sur les alliages fer-chrome et fer-chrome-nickel n'est autre que la mise en

[illegible] les régions apparentes et étendues autour de la précipitation intermétallique; nous rappelons que ces zones avaient été mises en évidence par Chevenard et Portevin par l'analyse thermomagnétique [illegible].

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(1) H. Hatwell, *Revue de Métallurgie*, octobre 1956, p. [illegible].

(2) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1372.

(3) H. Hatwell, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1881.

(4) P. Chevenard et A. Portevin, [illegible]

(5) P. Chevenard, 14e *Congrès de Chimie Industrielle*, Paris, octobre 1934.

RADIOCHIMIE. — *Oxydation des ions ferrocyanures en solutions aqueuses par les rayons γ.* Note de MM. Xavier Tarrago, Edouard Masri et Marc Lefort, présentée par M. Frédéric Joliot.

En présence d'air les rayons γ oxydent les ions ferrocyanures en ferricyanures, lorsque le pH des solutions est inférieur à [illegible]. Le rendement dépend du pH, de la concentration, de l'âge des solutions et peut atteindre la valeur initiale de G = 7,5 en solution [illegible]. [illegible] En absence d'air l'oxydation dépend beaucoup du pH [illegible]

L'étude du comportement des ions ferrocyanures sous l'effet des radiations ionisantes présente de multiples aspects intéressants. Fricke et Hart (1) ont montré en [illegible] que ces ions étaient oxydés par les rayons X en ferricyanure avec un rendement constant, quel que soit le pH entre [illegible] et 11, que l'on peut évaluer à [illegible] en prenant comme rendement d'oxydation des ions ferreux la valeur 15,5 ions par 100 eV. Nous avons repris ce travail avec des sources de radiocobalt de [illegible] et nous avons trouvé que le comportement du système ferrocyanure-ferricyanure est beaucoup plus complexe que ne le laissaient prévoir les premiers résultats, et dépend du pH, de la concentration et de nombreux autres facteurs.

Le ferricyanure formé était dosé par spectrophotométrie à [illegible]. Le coefficient d'extinction molaire est alors égal à [illegible] en tenant compte que le ferrocyanure n'absorbe pas du tout à cette longueur d'onde. On a dosé également la somme ferro et ferricyanure à [illegible], longueur d'onde pour laquelle les coefficients d'extinction sont égaux pour les deux valences. Ces dosages ont permis de contrôler que le ferrocyanure disparu par irradiation était bien remplacé quantitativement par du ferricyanure. Si des ions cyanures ou des composés intermédiaires sont formés, ils n'existent qu'à l'état de traces.

Les expériences ont été conduites en général en présence d'air. Le barbotage d'oxygène dans les solutions n'a aucune influence.

Le débit utilisé a surtout été 6.10[illegible] eV/h.g (0,97.10[illegible] rad/h).

a. À tous les pH et pour toutes les concentrations de ferrocyanure, l'oxy-

dation radiochimique est suivie d'un *effet prolongé*. Son étude cinétique a donné des résultats identiques à ceux de la réaction thermique d'oxydation du ferrocyanure par H_2O_2 pour laquelle on a trouvé que la vitesse est proportionnelle à la concentration de H_2O_2 et indépendante de celle du ferrocyanure. La quantité de ferrocyanure oxydée est faible par rapport à la quantité d'eau oxygénée décomposée.

Aux débits que nous avons utilisés, l'importance du phénomène au cours même de la durée d'irradiation est négligeable par rapport à la radiooxydation proprement dite. D'ailleurs la durée de l'irradiation était toujours assez courte devant celle de l'effet prolongé (plusieurs heures).

Toutes les valeurs qui seront indiquées par la suite correspondent au temps zéro de la fin de l'irradiation. On ne pouvait faire les mesures qu'une ou deux minutes après avoir interrompu et l'on extrapolait donc au temps zéro en utilisant les résultats de l'étude cinétique.

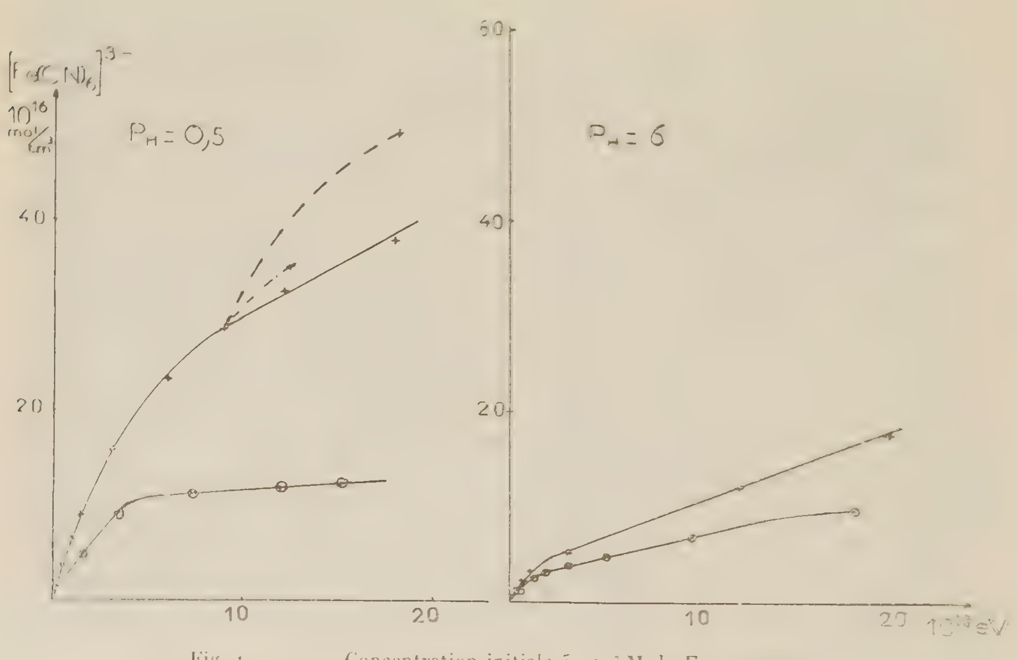


Fig. 1. — · — Concentration initiale 5.10^{-3} M de Ferrocyanure.
— — — » » 2.10^{-4} M »
interruption de 6 mn
· · interruption de 2 mn

b. Les solutions fraîches, préparées par dissolution dans l'eau tridistillée de ferrocyanure de potassium purifié sont oxydées. Le pH varie de 6 à 9 au cours de l'irradiation et la courbe d'oxydation n'est pas une droite à rendement constant, mais présente deux tronçons dont le premier correspond à un rendement (7) initial G = 5,4, et le second rectiligne jusqu'à de fortes doses absorbées, a une pente de 0,95 ion par 100 eV (*figure*). Ces caractéristiques, trouvées

pour une concentration initiale en ferrocyanure de 5.10^{-3} M, reste valable à des concentrations plus faibles. En dessous de 2.10^{-3} M, l'allure des courbes reste la même, mais la pente du deuxième tronçon diminue : [illegible] pour [illegible] M. On peut remarquer qu'en extrapolant à une dose nulle, les deux droites correspondant aux concentrations de [illegible] et [illegible] M ont la même ordonnée à l'origine.

c. En opérant avec des solutions préparées plusieurs jours à l'avance, la partie rectiligne garde la pente de 0,35, mais se trouve déplacée vers des ordonnées plus petites, ce qui correspond à une importance moindre du premier tronçon. Ce résultat est obtenu également par addition aux solutions fraîches soit de cyanure de potassium 10^{-3} M, soit des composés aquopentacyanures de Fe^{II} ou de Fe^{III}, que nous avons préparés et qui, selon [illegible], s'accumulent dans les solutions de ferrocyanure soumises à la lumière selon la réaction

$$Fe(CN)_6^{4-} + H_2O \rightleftharpoons Fe(CN)_5H_2O^{3-} + CN^-.$$

Le processus d'oxydation qui suit la deuxième partie rectiligne impliquerait probablement le passage par un intermédiaire qui s'accumulerait soit par irradiation tout au cours du premier tronçon, soit même par vieillissement à la lumière. Sa concentration atteindrait un niveau stationnaire pour une certaine dose absorbée et régirait ensuite la réaction radiochimique. Un indice a été recueilli en faveur de cette explication grâce aux expériences suivantes. Si l'on interrompt l'irradiation dans la région du deuxième tronçon pendant une dizaine de minutes et qu'on la reprenne ensuite, l'oxydation repart avec un rendement assez voisin du rendement initial. Si le temps d'interruption ne dépasse pas 20 s, on retrouve par contre la droite de pente 0,35. On obtient enfin des résultats intermédiaires pour des interruptions de [illegible]. Ce *composé s'accumule donc sous l'influence du rayonnement puis disparaît assez lentement dans l'obscurité* avant d'oxyder le ferrocyanure. Il ne peut s'agir de H_2O_2. On peut penser soit au complexe aquopentacyanure de Fe^{II} — Fe^{III}, soit aux ions CN^- libérés au cours de sa formation. Sa concentration stationnaire serait cependant très faible.

d. Le pH a une influence considérable sur les phénomènes d'oxydo-réduction du système ferrocyanure-ferricyanure. Les deux tronçons de courbes se retrouvent à tous les pH inférieurs à 9 mais, en milieu acide, le premier tronçon est beaucoup plus important qu'en milieu neutre. A pH [illegible], il atteint seulement la concentration de [illegible] M, alors qu'à pH [illegible] la deuxième partie rectiligne ne s'amorce qu'à [illegible] M. Le rendement initial est alors supérieur à 7 (*figure*). On retrouve les effets de concentration, d'interruption, de vieillissement des solutions, décelés à pH neutre. En solution alcaline, le rendement d'oxydation s'annule à partir du pH 11. Au-delà de cette valeur, le ferricyanure est réduit avec un rendement constant de $G = 2,0$ jusqu'à réduction totale. Au contraire, pour des pH inférieurs à 9, il n'y a pas réduction.

e. Un certain nombre d'expériences ont été faites en l'absence d'air. *L'effet prolongé n'a pas lieu*. Les résultats sont très voisins de ceux que l'on observe immédiatement après l'arrêt de l'irradiation pour les solutions aérées en milieu neutre. Par contre, à pH 0,5, la courbe d'oxydation prend très rapidement une pente de 0,95 comme en milieu neutre. Ce résultat est en opposition frappante avec la valeur de G = 8 que l'on trouve pour l'oxydation des ions ferreux libres en l'absence d'air.

f. Enfin nous avons observé en milieu neutre et surtout en milieu acide, un type de décomposition radiochimique qui n'apparaît que pour des concentrations supérieures à 10^{-2} molaire et des doses élevées. Il s'agit de la formation de ferrocyanure ferrique. Ce phénomène est probablement un *effet direct*, dont le rendement croît avec la concentration. On l'observe aussi en irradiant des *cristaux* de ferrocyanure.

(1) *J. Chem. Phys.*, **3**, 1935, p. 596.
(2) Le rendement d'oxydation du fer en présence d'air est pris égal à G = 15,6.
(3) *Proc. Ind. Acad. Sc.*, **36** A, 1952, p. 244; **38** A, 1953, p. 522.

MACROMOLÉCULES. — *Chaîne moléculaire de la cellulose II*. Note de Mlle THÉRÈSE PETITPAS, MM. MICHEL OBERLIN et JACQUES MERING, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le modèle structural, proposé pour la chaîne de la cellulose II (1), est justifié par la discussion des données de photométrie *continue* des rayons X diffusés.

Il a été montré dans une Note précédente (1) que la chaîne de la cellulose II n'est pas conforme au modèle de Meyer et Misch (2), valable pour la cellulose I (modèle I). Un autre modèle (modèle II) a été proposé pour la chaîne de la cellulose II. Il a été indiqué en même temps que dans un corps aussi mal cristallisé que la cellulose, l'utilisation de la photométrie continue des rayons X diffusés est préférable à l'utilisation exclusive des intensités des réflexions discrètes. L'exploration continue de la section méridienne de l'espace réciproque présente des difficultés matérielles considérables. Nous nous sommes donc limités à l'exploration de deux domaines de l'espace réciproque :

a. celui de la tranche équatoriale, déjà utilisé dans un travail précédent sur la cellulose I (3);

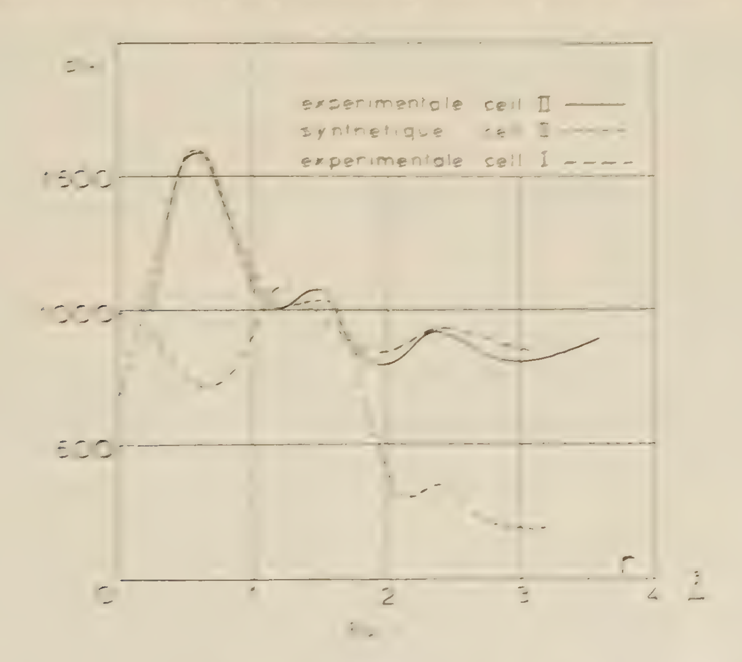
b. celui d'un domaine cylindrique centré sur l'axe de révolution de l'espace réciproque.

L'ensemble (*a*) conduit à la distribution P(*r*) des projections horizontales (*r*) des distances entre les atomes espacés de moins de 10,3 Å (période de la chaîne dans la direction de l'axe de fibre. La contribution des distances entre les atomes appartenant à deux chaînes différentes ne se manifeste pas beaucoup

dans le domaine de $r < 2$ Å : la partie centrale de P(r) est pratiquement indépendante de l'arrangement entre les chaînes.

L'ensemble (δ) conduit à une distribution partielle P(y) des projections verticales (parallèles à l'axe de fibre) y des distances interatomiques. Soit S_m le rayon du domaine cylindrique utilisé. La distribution P(y) représente la projection verticale de la distribution spatiale P(r, y) ( ) modulée par le facteur $J_1(2\pi r S_m)/\pi r S_m$ où J_1 est la fonction de Bessel de premier ordre. Pour une valeur convenable de S_m, la modulation atténue considérablement la contribution des distances interatomiques de r trop grand, et réduit ainsi P(y) à la contribution prépondérante des distances interatomiques à l'intérieur d'une chaîne. Nous avons obtenu ce résultat en choisissant $S_m = 0,186$ Å^{-1}.

Les deux distributions P(r) et P(y) ont été calculées d'après les données de photométrie obtenues sur l'échantillon de cellulose II, objet de la Note précédente [1]. A ces distributions *expérimentales* on peut comparer les distributions synthétiques construites pour une chaîne unique, en appliquant au modèle I et au modèle II ( ) le procédé déjà utilisé pour la ramie ( ).



La figure 1 est relative à P(r). On remarque la différence entre la distribution expérimentale relative à la cellulose I et celle relative à la cellulose II. La première est conforme au modèle de Meyer et Misch ( ). La seconde montre un accord satisfaisant avec la distribution synthétique construite à partir du modèle II. L'écart dans le domaine des $r > 2$ Å provient de ce que la courbe synthétique ne tient pas compte des chaînes voisines.

La figure 2 contient les distributions P(y) synthétiques, relatives aux

modèles I et II à la distribution $P'(y)$ expérimentale obtenue sur la cellulose II. La coïncidence des positions des pics n'existe que pour le modèle II. L'accord quantitatif (forme et intensité des pics) n'est pas très bon. Cela tient sans doute à ce que l'influence des chaînes voisines n'est que partiellement éliminée dans le tracé de $P'(y)$ expérimentale, alors qu'elle n'intervient pas dans les distributions synthétiques.

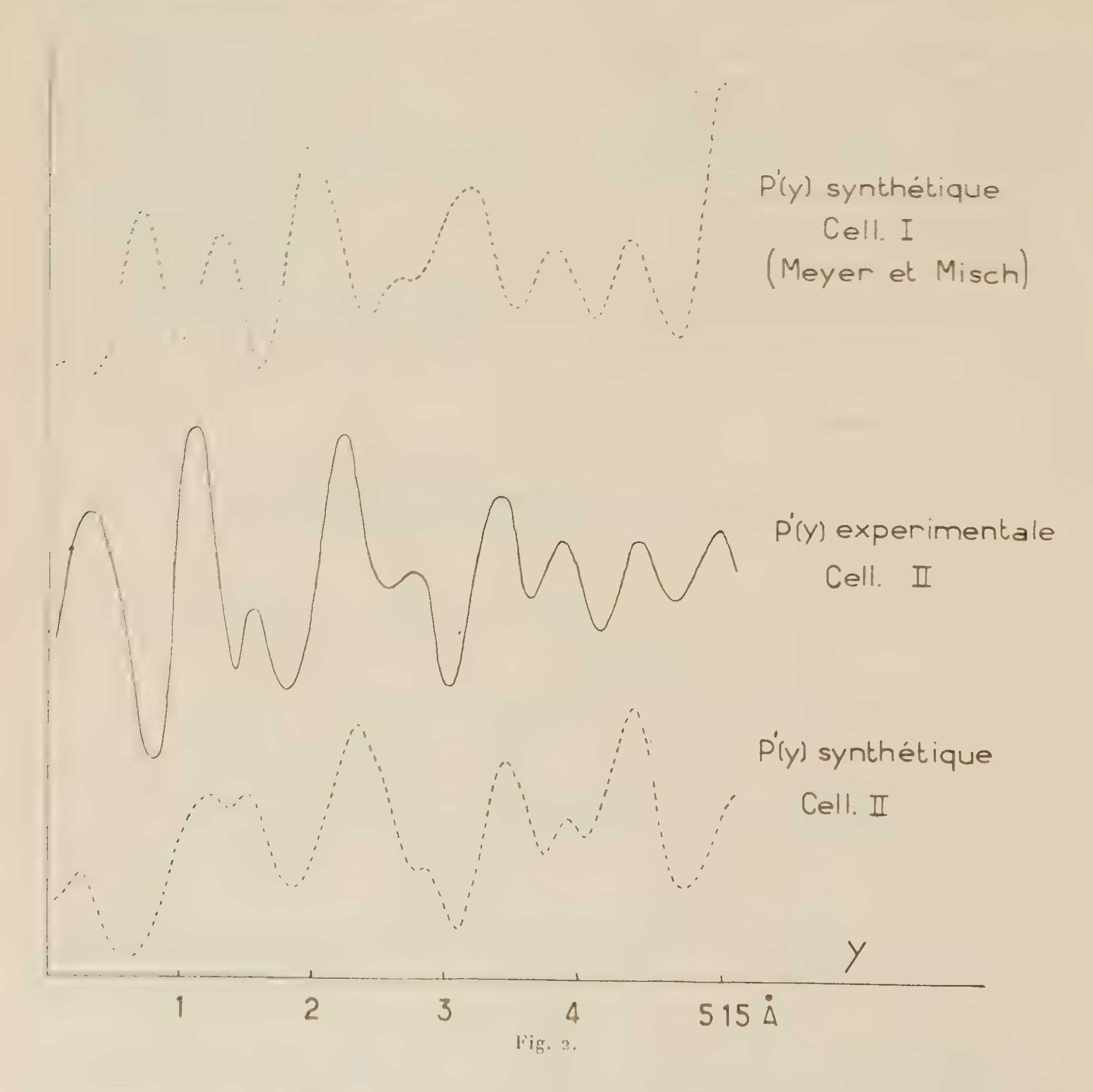


Fig. 2.

Il est utile de comparer les résultats de la présente Note aux résultats de la Note précédente ([1]). Il y a là un exemple de la valeur limitée des résultats que l'on peut obtenir par l'utilisation exclusive des réflexions discrètes (méthode A) et des avantages de l'utilisation de la photométrie continue (méthode B). Les deux projections expérimentales $P'(r)$ et $P'(y)$ peuvent être tirées de la distribution méridienne $P(r, y)$ déterminée par la méthode A ([1]). On obtient alors

des pics considérablement plus diffus et par conséquent moins nombreux que sur les courbes des figures 1 et 2. Les pics proches de l'origine disparaissent complètement dans le large pic à l'origine de la distribution $P(r, v)$. En particulier les deux premiers pics de la figure 1 se trouvent masqués par ce pic central. Ainsi la méthode A nous prive d'indication sur les distances interatomiques les plus courtes et rend plus diffus le reste de la distribution. Cet effet n'a rien d'inattendu, puisque seule la méthode B peut donner pour les distances intramoléculaires une distribution non affectée par des éléments de désordre pouvant intervenir dans l'arrangement mutuel des chaînes.

En conclusion, la méthode B apporte une justification plus valable du modèle structural de la cellulose II, proposé dans la Note précédente (1).

(1) T. Petitpas et J. Mering, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 47.
(2) *Helv. Chim. Acta*, 20, 1937, p. 232.
(3) M. Oberlin et J. Mering, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1046.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la vie moyenne de l'azote actif.* Note (*)
de M. René Audubert et Mme Geneviève Calmar, présentée par M. Eugène Darmois.

Suivant l'état de la surface, la dissociation de N_3Ag conduit pour l'azote actif à deux vies moyennes 40 et 16 s caractérisées par des spectres d'émission différents.

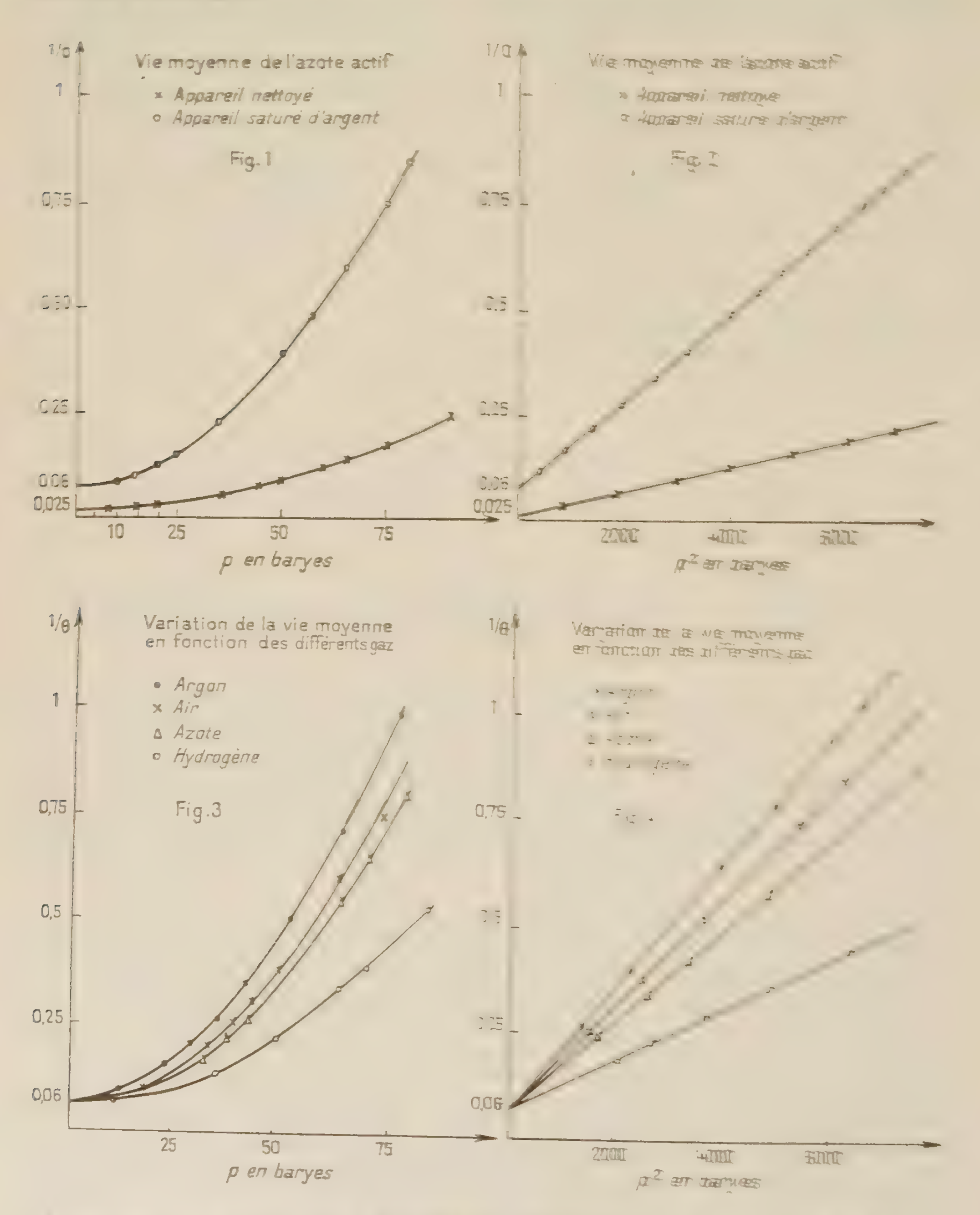
La thermolyse de N_3Ag donne de l'azote actif N_2^* qui en revenant à l'état normal libère un photon (1). L'étude spectrale montre que l'émission est caractérisée, entre 2 000 et 2 700 Å, par cinq bandes (2). La vie moyenne apparente de cet état métastable a été déterminée antérieurement à partir de l'électrolyse de solutions d'azotures alcalins et d'acide azothydrique au voisinage de la pression atmosphérique (3), on trouve $2,5.10^{-3}$ s à la pression normale et $4,7.10^{-3}$ s à 2 cm de Hg.

Dans le désir d'atteindre la vie moyenne vraie nous avons étudié la variation de cette grandeur dans le domaine des basses pressions (10^{-2} cm Hg).

La méthode consiste à faire passer l'azote résultant de la thermolyse (265 à 275° C) dans un tube possédant sur son trajet trois fenêtres de quartz grâce auxquelles on mesure l'émission ultraviolette au moyen d'un photocompteur à Cu I (maximum de sensibilité 2 300 Å). Une vanne micrométrique permet de réaliser un entraînement régulier (H_2, Air, N_2, O_2, A) dont la vitesse est déterminée grâce à un débimètre. La vie moyenne apparente θ est donnée par

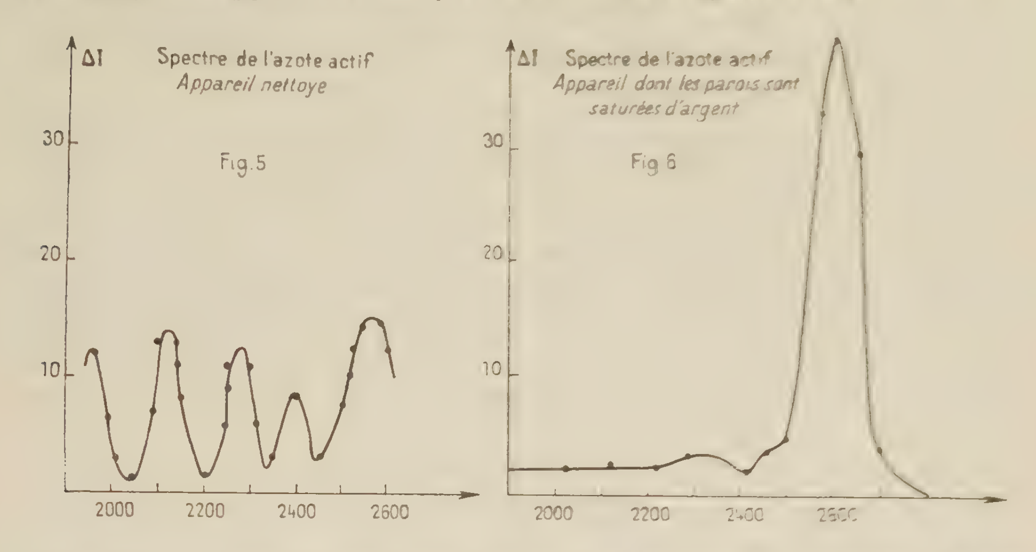
$$\theta = \frac{0,4343 \times 8\eta . l . h . S}{\pi r^4 (p_1 - p_2) \log \frac{I_1}{I_2}},$$

où η est la viscosité, r et l le rayon et la longueur du capillaire du débitmètre, a l'écart entre deux fenêtres de quartz où l'émission mesurée est I_1 et I_2, enfin p_1 et p_2 les pressions à l'entrée et à la sortie du capillaire et S la section du tube laboratoire.



L'expérience montre que les courbes représentant la variation de $1/\theta$ avec la pression dépendent de l'état de surface de la paroi; dans tous les cas elles sont

représentées par la relation $1/\theta = (1/\tau) + KP^2$ où τ désigne la vie moyenne vraie (*fig.* 2 et 4). Sur une paroi vierge on trouve $\tau = 40$ s, avec un tube saturé en argent on trouve 16 s. Les différents gaz n'ont une influence que sur la vie moyenne apparente ainsi que le montrent les figures 3 et 4.



L'analyse spectrale révèle, que lorsque la désactivation s'effectue sur une paroi fraîche l'émission à travers la fenêtre de quartz comporte cinq bandes comprises entre 2 000 et 2 700 Å, ces bandes sont les mêmes que celles qui ont été obtenues dans les thermolyses antérieures, où l'action de la paroi était inexistante (*fig.* 5). Si la paroi est saturée en argent l'émission ne présente plus alors qu'une seule bande voisine de 2 500 Å (*fig.* 6).

Ces faits établissent que l'azote actif obtenu lors de la thermolyse de l'azoture d'argent possède plusieurs niveaux d'excitation et chacun de ces niveaux serait caractérisé par une adsorption spécifique propre sur une paroi saturée en argent.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(1) R. Audubert, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 406; R. Audubert et Muraour, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 431.

(2) R. Audubert et C. Racz, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 217; E. Verdier, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 731.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le parallélisme entre la constante de vitesse et le spectre d'absorption dans la réaction de Menschutkin.* Note (*) de M. **Stefan Popovici** et Mlle **Mariana Pop**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'influence du solvant sur la structure des molécules dissoutes, dans la réaction de Menschutkin, entraînant une variation simultanée des propriétés

physiques et chimiques, a permis d'établir un parallélisme entre la vitesse de réaction et le spectre d'absorption, ainsi que l'ont indiqué Scheibe ([1]) et ensuite Herold-Wolf ([2]). D'après Scheibe ([1]) quand la réaction de formation de l'iodure de tétraéthylammonium se produit dans des solvants qui ne contiennent pas le groupe hydroxyle, le logarithme de la constante de la vitesse est proportionnel au déplacement du centre de gravité de la bande d'absorption de l'iodure d'éthyle.

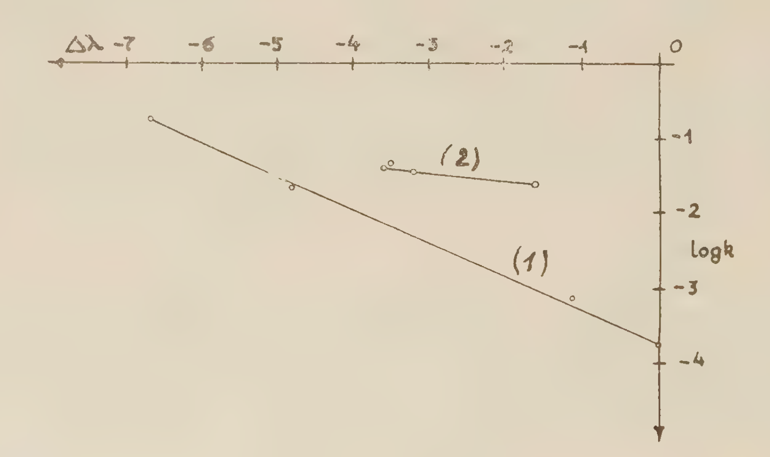
Dans cette Note nous nous sommes proposé de justifier la relation empirique de Scheibe et d'expliquer l'écart qui intervient quand on utilise comme solvants des alcools.

Si à l'aide des indications fournies par Scheibe ([1]) nous construisons un graphique en plaçant $\log k$ sur l'ordonnée et $\Delta\lambda$ sur l'abscisse et nous considérons comme solvant de référence l'hexane, pour les solvants qui ne contiennent pas le groupe hydroxyle, et l'alcool isobutylique pour les alcools, nous obtenons deux droites ayant les équations

$$\log k = \log k_0 + b\,\Delta\lambda, \tag{1}$$

$$\log k' = \log k'_0 + b'\,\Delta\lambda'. \tag{2}$$

Pour justifier ces relations empiriques, nous tenons compte de l'expression de la constante de vitesse que nous avons proposée dans une Note antérieure ([3]) : $\log k = \log P + \log \alpha_0 + [a - (1/RT)]\,A$, dans laquelle P caractérise les phéno-



mènes périphériques indépendants de la structure des molécules en réaction, α_0 la constante d'action limite correspondant à l'énergie d'activation nulle et a la déformabilité de la molécule définie par le rapport $a = (d \log \alpha)/dA$.

Soit

$$\log k_0 = \log P_0 + \log \alpha_0 + \left(a - \frac{1}{RT}\right) A_0, \tag{3}$$

l'expression de la constante de vitesse dans le solvant de référence et

(4) $$\log k = \log P + \log \alpha_0 + \left(a - \frac{1}{RT}\right) A,$$

dans un solvant quelconque.

D'où par différence

(5) $$\log k = \log k_0 + \log \frac{P}{P_0} + \left(a - \frac{1}{RT}\right)(A - A_0).$$

En comparant les expressions (5) et (1) il résulte que $\log(P/P_0) = 0$, c'est-à-dire $P = P_0$ ce qui signifie que dans ce groupe de solvants les phénomènes périphériques sont identiques ou très approchés.

De même il ressort que $A - A_0 = c\Delta\lambda$, d'où $A = c\lambda$ et $A_0 = c\lambda_0$, et l'expression de la constante de vitesse devient

$$\log k = \log k_0 + \left(a - \frac{1}{RT}\right) c\Delta\lambda.$$

En posant $[a - (1/RT)]c = b$ et admettant que $\log k_0$ représente le logarithme de la constante de vitesse de la réaction de formation de l'iodure de tétraétylammonium dans l'hexane, on retrouve la relation (1) établie empiriquement par Scheibe.

Si, dans le cas des alcools, on considère comme solvant de référence l'alcool isobutylique et l'on pose $[a' - (1/RT)]c' = b'$, on retrouve la relation empirique (2).

Pour conclure sur la cause de variation de b à b', quand on passe d'un groupe de solvants à l'autre, on calcule a à l'aide de la relation $a = (d \log \alpha)/dA$ et l'on compare les expressions de b et b'.

D'où il ressort que dans la réaction de Menschutkin l'énergie d'activation doit dépendre des mêmes facteurs que le spectre d'absorption donc de la structure des molécules en réaction.

Ce qui nous permet d'admettre qu'il peut exister une relation de la forme $A = F(\lambda)$, entre l'énergie d'activation et la longueur d'onde de la bande d'absorption, ou de celle qui caractérise une certaine liaison chimique. Ces considérations nous conduisent pour la constante de vitesse à l'expression

$$\log k = \log P + \alpha_0 + \left(a - \frac{1}{RT}\right) F(\lambda).$$

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(1) Scheibe et coll., B. 60, 1927, p. 1415.

(2) W. Herold et K. L. Wolf, *Z. physik. Chem.*, B. 12, 1931, p. 200.

(3) P. Pop et S. Popovici, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2638.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une nouvelle méthode d'attaque des réfractaires en vue de leur analyse.* Note (*) de MM. Félix Trombe et Marc Foëx, présentée par M. Paul Lebeau.

On sait que de nombreux oxydes réfractaires ou mélanges d'oxydes sont, après passage à haute température, très difficiles à attaquer. En particulier, l'analyse de l'alumine, Al_2O_3, de la zircone, ZrO_2, de la mullite, $2SiO_2 \cdot 3Al_2O_3$, du spinelle Al_2O_3-MgO, etc., comportent, en premier lieu, une longue attaque alcaline à haute température. L'action de l'hydroxyde de sodium, le plus souvent utilisé, doit être réalisé sur un produit finement pulvérisé. Le creuset choisi pour une telle opération est, en général, en nickel (métal qui est d'ailleurs attaqué).

Le broyage très poussé du réfractaire et le traitement en creuset de nickel introduisent des impuretés le plus souvent gênantes pour les dosages et en particulier pour les dosages colorimétriques de traces.

Les nombreuses études de réfractaires effectuées au laboratoire de l'Énergie Solaire de Montlouis nous ont conduit à modifier les méthodes d'attaques classiques qui présentent les inconvénients cités plus haut.

Nous avons substitué aux oxydes alcalins trop volatils, la chaux qui permet d'opérer à plus haute température et d'obtenir ainsi sur les réfractaires des réactions extrêmement rapides. Pour réaliser une telle opération, les méthodes de fusion sans creuset, couramment employées pour le traitement des réfractaires par le rayonnement solaire, ont dû être modifiées. En effet, elles comportent toujours la réalisation d'un gradient de température dans la masse du produit traité, une partie seulement de ce dernier étant fondu ou fritté, l'autre servant de calorifuge.

Nous avons remplacé la méthode précédente par un dispositif permettant de réaliser l'attaque intégrale d'une masse déterminée de réfractaire par une quantité déterminée de chaux pure.

Le mélange chaux-réfractaire est traité sur une plaque de métal thermiquement très conducteur, qui est énergiquement réfrigéré dans sa masse. Nous avons observé, en effet, que les grands éclairements énergétiques qu'on peut obtenir au foyer d'un four solaire, éclairements qui sont capables de provoquer la fusion de la plupart des substances très réfractaires, ne peuvent échauffer considérablement les surfaces de métaux très conducteurs si, naturellement, ceux-ci sont énergiquement refroidis sur la face opposée à la face réceptrice du rayonnement.

L'expérience a porté surtout sur des plaques d'aluminium de quelques millimètres d'épaisseur. L'aluminium de très grande conductibilité calorifique (C = [illegible]) peut évacuer dans sa masse les calories

apportées sur sa surface sans s'échauffer exagérément. Soumise à un éclairement énergétique de 300 cal/cm²/s (qui correspond à un rayonnement de corps noir de 3 800° C environ), la surface d'une plaque d'aluminium de 3 mm d'épaisseur était portée à une température superficielle inférieure à 200° C. En réalité, la température obtenue superficiellement est plus faible (inférieure à 100° C). Le métal réfléchit une partie du rayonnement ; cette température s'abaisse encore, en général, lorsque le métal est recouvert de la substance qu'on veut traiter, celle-ci recevant directement le rayonnement et servant d'écran.

Une série d'expériences effectuées avec une installation solaire verticale de 2,5 kW déjà décrite ([1]), ([2]), ([3]), a montré qu'on pouvait fondre sur plaque d'aluminium réfrigérée la plupart des oxydes réfractaires : zircone, oxyde de chrome, alumine, etc.

L'oxyde thermiquement peu conducteur est fortement surchauffé, ce qui peut permettre, dans certains cas, une volatilisation de ses impuretés. La séparation oxyde fondu-surface métallique est constituée par une mince pellicule de quelques dixièmes de millimètres d'oxyde non fondu. Le métal, après de nombreuses fusions, reste inattaqué.

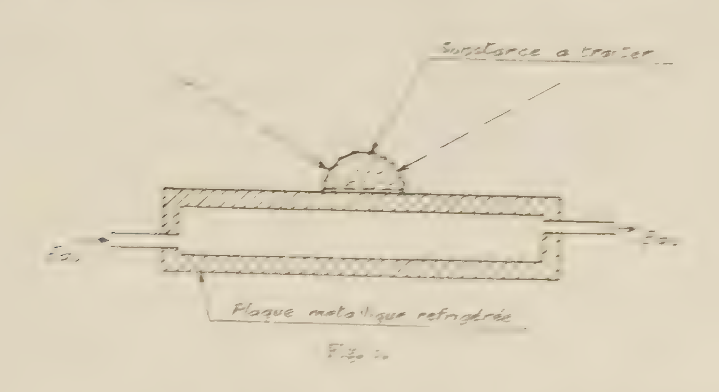


Fig. 1.

La figure 1 montre le dispositif opératoire pour le traitement à l'air libre. La figure 2, ce même dispositif pour le traitement en vase clos qui permet de réaliser des atmosphères variées au contact du produit traité et, éventuellement, de récupérer les produits volatilisés ou le gaz dégagé.

Dans le cas particulier des attaques de réfractaires par la chaux en vue de leur analyse, l'opération est effectuée suivant les cas à l'air libre ou sous ballon. Le produit non broyé qui peut être en un seul bloc d'une dizaine de grammes est placé sur une couche mince de chaux pure reposant sur la plaque métallique. Il est ensuite recouvert de chaux. Un premier traitement de quelques minutes donne un bloc fondu. Celui-ci est traité comme le premier entre deux couches de chaux. Après une troisième

opération, l'attaque est, en général, complète et le produit fondu est facilement attaquable par les acides.

Pour l'oxyde de zirconium, ZrO_2, il faut former le zirconate de calcium avec un excès de chaux, et fondre un poids égal d'oxyde et de chaux. Pour l'alumine, une proportion identique a donné de bons résultats.

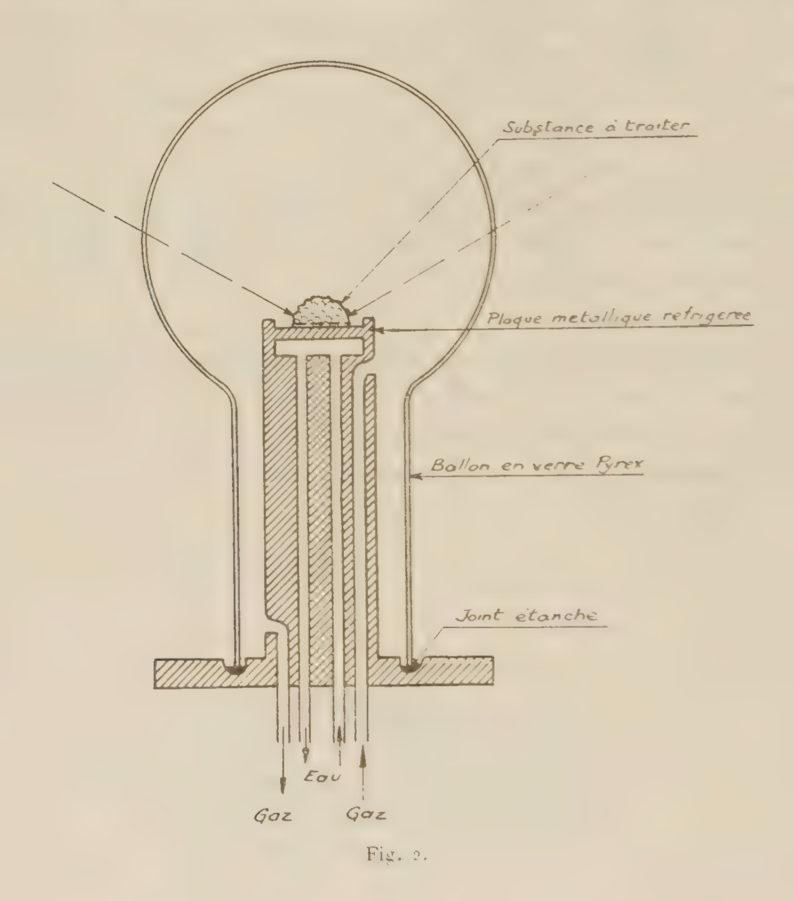


Fig. 2.

En résumé, l'attaque par la chaux pure, sur base d'aluminium pur, paraît simplifier beaucoup les analyses de réfractaires et, en particulier, la détermination colorimétrique de traces de silice, d'oxyde de fer, d'oxyde de titane, etc. Cette méthode mise au point avec l'aluminium et la chaux semble pouvoir être appliquée avec d'autres métaux conducteurs et d'autres matériaux d'attaque.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(1) F. Trombe, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 20, 1953, p. 353.

(2) F. Trombe et M. Foëx, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 21, 1954, p. 1315.

(3) F. Trombe et M. Foëx, *Colloque sur les hautes températures*, Paris, 1954, p. D 1.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction directe des solutions de nitrate d'uranyle en présence d'ions fluorure.* Note de MM. **Michel Brodsky** et **Pierre Pagny**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les fluorures doubles d'uranium et de métal alcalin sont préparés par réduction de la solution de nitrate d'uranyle, additionnée de fluorure alcalin, au moyen de l'acide formique et de l'anhydride sulfureux à 90°.

Le traitement, par l'anhydride sulfureux gazeux, d'une solution de nitrate d'uranyle additionnée de fluorure alcalin et d'acide formique provoque la précipitation d'un fluorure double d'uranium et du métal alcalin, du type UF_4, MF.

Cette réaction globale implique sans doute la formation intermédiaire d'acide hydrosulfureux par réduction de l'anhydride sulfureux au moyen de l'acide formique. Au fur et à mesure de sa formation, l'acide hydrosulfureux réduit à son tour le nitrate d'uranyle en nitrate uraneux, qui réagit sur le fluorure alcalin pour donner le fluorure double très peu soluble. La réaction globale pourrait s'écrire :

$$(NO_3)^2UO_2 + HCOOH + 2SO_2 + 5NH_4F \rightarrow UF_5NH_4 + 2NO_3NH_4 + 2SO_3HNH_4 + CO_2.$$

Les auteurs ont particulièrement étudié cette réaction en présence de fluorure d'ammonium ou de fluorure de sodium, mais ils se sont assurés qu'elle se produit dans des conditions analogues en présence de fluorure de potassium et aussi qu'une réaction similaire permet d'obtenir le fluorure double à partir de solutions de sulfate d'uranyle.

Les fluorures doubles d'uranium et de métal alcalin ont, dans les meilleures conditions opératoires, une solubilité de l'ordre de 40 mg/l. Il est donc possible de précipiter l'uranium par ce procédé avec un excellent rendement même à partir de solutions de sels d'uranyle relativement diluées.

La vitesse de réaction croît très vite avec la température. A 50° C les premières traces de précipité n'apparaissent qu'après 5 h d'agitation. A 70°, il se forme des quantités déjà appréciables de précipité après 3 h. A 90°, la réaction atteint son terme après 1 ou 2 h d'agitation suivant la concentration de la solution initiale. A cette température il est indispensable de munir l'appareil d'un réfrigérant à reflux, pour éviter la distillation d'une partie de l'acide formique.

La quantité d'acide formique pratiquement nécessaire, environ 0,6 g par gramme d'uranium, est sensiblement triple de celle qui correspond à la réaction stoechiométrique. De même la quantité de fluorure alcalin doit correspondre à un excès, par rapport à la théorie, compris entre 30

et 160 % suivant la concentration de la solution initiale. Cette quantité est ainsi, par exemple, de 2 g de fluorure d'ammonium par gramme d'uranium pour une solution contenant l'équivalent de 5 g d'uranium par litre; elle est de 1 g de fluorure d'ammonium par gramme d'uranium pour une solution dix fois plus concentrée. Quant à l'anhydride sulfureux, la quantité mise en œuvre correspond à la saturation de la solution à la température de 90°, un léger barbotage continu compensant les quantités effectivement consommées par la réaction.

Le pH de la solution, qui ne varie pas au cours de la réaction, est compris entre 3 et 4 suivant la concentration.

Si l'on suit, par l'analyse, la teneur en uranium de la phase liquide au cours de la réaction, on constate d'abord une diminution rapide et continue de cette teneur jusqu'à une valeur voisine de 30 mg/l, puis, au-delà, la teneur remonte d'une façon lente mais continue. C'est ainsi qu'après 6 h de barbotage de l'anhydride sulfureux à 90°, la teneur en uranium qui était de 33 mg/l après 2 h, était remontée à 238 mg/l.

Le fluorure double d'uranium et d'ammonium ou de sodium, formé au cours de la réaction, a une structure cristalline et une couleur d'un beau vert. Très dense, il dépose immédiatement dans les solutions non agitées et il se filtre très facilement sous vide. Sur filtre il convient de le laver avec une solution contenant 200 mg de fluorure alcalin par litre pour éviter toute redissolution. Il peut être séché à l'air libre vers 100° sans décomposition.

Cette réaction, qui permet de préparer le fluorure double avec un excellent rendement à partir de solutions même diluées de sels d'uranyle, présente un intérêt industriel. Dans les cycles de fabrication industrielle de l'uranium métallique, en effet, le nitrate d'uranyle est, jusqu'à présent, converti en fluorure uraneux en plusieurs stades correspondant généralement à la fabrication intermédiaire des oxydes UO_3, U_3O_8 puis UO_2, et ce dernier est converti en fluorure par l'acide fluorhydrique gazeux ou en solution, dont l'emploi industriel présente de sérieuses difficultés. A partir du fluorure double d'uranium et d'ammonium directement obtenu par la réaction décrite ci-dessus, il est aisé au contraire de préparer le fluorure simple d'uranium par dissociation vers 450°. Les fluorures doubles permettent aussi d'obtenir directement l'uranium métallique par réduction.

Enfin, du point de vue industriel, la réaction de préparation des fluorures doubles présente l'avantage de ne faire intervenir que des réactifs que le commerce fournit à un degré de pureté élevé et de se prêter parfaitement à une marche continue.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'acétals à partir d'échangeurs de cations.* Note de M. **Pierre Mastagli** et Mlle **Paulette Lambert**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs ont préparé des acétals par action d'un alcool sur un éther-oxyde éthylénique en présence d'échangeurs de cations.

L'un de nous [1], en présence d'échangeurs de cations a pu préparer des acétals puis observer au cours de la réaction une désalcoolisation partielle de l'acétal, régénérant une molécule de l'alcool pour aboutir à une molécule d'éther-oxyde non saturé.

$$R-CH_2-CH\begin{matrix}\diagup O-CH_2-R' \\ \diagdown O-CH_2-R'\end{matrix} \rightarrow R'-CH_2OH + R-CH=CH-O-CH_2-R'$$

Nous avons pensé que nous étions en présence d'une réaction d'équilibre pouvant s'orienter dans un sens comme dans l'autre. On pouvait donc espérer obtenir un acétal par action d'un alcool sur un éther-oxyde éthylénique.

Comme catalyseur, nous avons employé un échangeur de cations, résine du type styrolène sulfoné (IR-120). L'éther-oxyde choisi étant l'oxyde d'éthyle et de vinyle. Nous avons successivement fait réagir les alcools butylique, heptylique et laurique. Dans tous les cas, avec des rendements différents selon les alcools, nous aboutissons à l'acétal symétrique cherché selon l'équation suivante car nous retrouvons de fortes quantités d'alcool éthylique.

$$CH_2=CH-O-C_2H_5 + 2R-OH \rightarrow CH_3-CH\begin{matrix}\diagup OR \\ \diagdown OR\end{matrix} + C_2H_5OH$$

Cependant, nous avons facilement mis en évidence que de l'acétaldéhyde se formait au cours de la réaction, indice qu'une partie du réactif vinylique se décompose ainsi :

$$CH_2=CH-O-C_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3-CHO + C_2H_5OH$$

Les constantes des acétals heptylique et laurique de l'acétaldéhyde ne sont pas connues, nous les avons identifiées :

1° par un dosage d'oxime : en présence de chlorhydrate d'hydroxylamine après plusieurs heures de contact ;

2° par caractérisation de l'acétaldéhyde dégagé après hydrolyse de l'acétal à l'acide chlorhydrique dilué ;

3° par distillation de l'alcool isolé après fixation de l'acétaldéhyde sous forme de combinaison bisulfitique.

Mode opératoire. — 1 mol-g d'éther-oxyde éthylénique et un poids égal d'IR-120 sont chauffés 3 à 4 h au bain-marie dans un ballon à trois tubulures surmonté d'un réfrigérant ascendant (la température du liquide se maintient vers 60°). 1 mol-g d'alcool est ajoutée goutte à goutte : l'emploi d'une molécule au lieu de deux nous a semblé justifié par suite de la formation d'aldéhyde et des pertes possibles de l'éther-oxyde vinylique, tous deux très volatils.

Après filtration des échangeurs, par distillation lente, nous retrouvons de l'acétaldéhyde, de l'éther-oxyde et de l'alcool éthylique. Puis, sous pression réduite l'acétal cherché est distillé.

Voici les résultats précis obtenus avec l'alcool butylique et l'oxyde d'éthyle et de vinyle : 75 g d'éther-oxyde, 75 g d'alcool et 75 g d'échangeurs permettent d'obtenir 22 g d'acétal, É 184-186° ; n_D^{16} 1,410. Dosage d'oxime : P. M. calculé 174 ; trouvé 170.

Avec l'alcool heptylique : 75 g d'éther-oxyde, 110 g d'alcool et 75 g d'échangeurs permettent d'obtenir 70 g d'acétal $É_{15}$ 152-154° ; n_D^{18} 1,432. Dosage d'oxime : P. M. calculé 258 ; trouvé 238.

Avec l'alcool laurique : 31 g d'éther-oxyde, 62 g d'alcool dissous dans 100 cm³ de benzène et 30 g d'échangeurs permettent d'obtenir 27 g d'acétal. $É_{1}$ 228° ; n_D^{18} 1,442. Dosage d'oxime : P. M. calculé 383 ; trouvé 323.

En conclusion, les échangeurs de cations sont des catalyseurs pratiques et excellents pour préparer des acétals à partir d'éthers-oxydes vinyliques légers. Bien qu'une réaction secondaire démolisse une partie de l'éther vinylique, on peut dire que les rendements en acétals sont satisfaisants.

(¹) MASTAGLI et FLOC'H, *Bull. Soc. Chim.*, 21, 1954, p. 51.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constitution des aminométhylbenzoylbenzodioxans isomères*. Note de M. **ALBERT FUNKE**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Par une synthèse conduisant à des aminométhybenzoylbenzodioxans, de constitution indubitable, on a pu déterminer la formule exacte des dérivés obtenus par la méthode habituelle.

Depuis la découverte des propriétés adrénolytiques des aminométhylbenzodioxans (¹), de nombreux dérivés de ceux-ci, substitués sur le noyau aromatique, ont été décrits (²), mais, à notre connaissance, aucun dérivé acylé n'a encore été préparé.

Nous en avons obtenu un certain nombre, en faisant réagir en présence de potasse caustique, suivant la méthode habituelle (³), l'épichlorhydrine ou l'α,γ-dichlorhydrine de la glycérine sur un *o*-diphénol acylé, et en remplaçant l'hydroxyle de la fonction alcoolique par un chlore, puis par une amine. Dans ce cas, comme d'ailleurs dans celui des autres dérivés signalés dans la litté-

rature, la position du groupe aminométhylé par rapport à celui du substituant sur le noyau aromatique n'est pas défini. Or, deux isomères sont possibles et la méthode utilisée peut conduire à l'un quelconque de ceux-ci ou au mélange des deux.

Ac, OH, OH + O, CH_2, CH—CH_2Cl —(+ KOH)→ Ac, 7, 8, 1, O, 6, 5, 4, O, CH_2OH

(I)

La constitution exacte de l'amine obtenue s'imposait d'autant plus que certains de ces corps manifestaient une activité pharmacologique intéressante, en particulier les dérivés benzoylés sur le noyau aromatique.

En effet, par action de l'épichlorhydrine sur la dihydroxy-3.4 benzophénone, on obtient, à côté d'une petite fraction solide fondant à 108°, une forte proportion d'hydroxyméthylbenzoylbenzodioxan sous forme d'une huile épaisse. Le chlorhydrate de pipéridinométhylbenzoylbenzodioxan préparé à partir de cette huile fond à 235° (3) après plusieurs recristallisations dans l'alcool éthylique.

Nous avons pu résoudre la question en imaginant une synthèse conduisant sans aucune ambiguïté à des aminométhyl-3 benzoyl-7 benzodioxans. Dans ce cas, l'hydroxyméthyl-3 benzoyl-7 benzodoxian obtenu intermédiairement est un produit cristallisé fondant à 108°, identique à la plus petite fraction des alcools de la réaction (I), et le chlorhydrate de pipéridinométhyl-3 benzoyl-7 benzodioxan qui en dérive fond à 193°. Le mélange des deux chlorhydrates fond à 183°. Ceci permet de conclure que la synthèse directe (I) fournit en prépondérance les aminométhyl-2 benzoyl-7 benzodioxans.

Voici le schéma des réactions :

C_6H_5CO, OH, OH + $ClCH_2C_6H_5$ (II) —(KOH)→ C_6H_5CO, OH (4), $OCH_2C_6H_5$

—(CH_2—CH—CH_2Cl, O; Pipéridine)→ C_6H_5CO, $OCH_2CHOHCH_2Cl$, $OCH_2C_6H_5$ —(HCl, CH_3CO_2H)→ C_6H_5CO, $OCH_2CHOHCH_2Cl$, OH

—(KOH)→ C_6H_5CO, O, CH_2, CH CH_2OH, O —(SOCl_2, Pyridine)→ C_6H_5CO, O, CH_2, CH CH_2Cl, O

—(Pipéridine)→ C_6H_5CO, O, CH_2, CH CH_2—N, O

Benzyloxy-4 hydroxy-3 benzophénone : F 133°; Rdt 42 %. C %, calculé 78,94; trouvé 79,06; H %, calculé 5,26; trouvé 5,44.

Benzyloxy-4 (γ-chloro β-hydroxypropyl)-oxy-3 benzophénone : F 90° : Rdt 80 %. C %, calculé 69,69; trouvé 69,84; H %, calculé 5,29; trouvé 5,34; Cl %, calculé 8,9; trouvé 8,73.

Hydroxy-4 (γ-chloro β-hydroxypropyl)-oxy-3 benzophénone : F 115°; Rdt 76 %. Cl %, calculé 11,58; trouvé 11,36.

Hydroxyméthyl-3 benzoyl-7 benzodioxan : F 108°; Rdt 90 %. C %, calculé 71,11; trouvé 71,23; H %, calculé 5,18; trouvé 5,23.

Chlorométhyl-3 benzoyl-7 benzodioxan : $É_{0,06}$ 185-190°. Cl %, calculé 12,30; trouvé, 12,26.

Chlorhydrate de pipéridinométhyl-3 benzoyl-7 benzodioxan : F 193°; Rdt 68 %. C %, calculé 67,46; trouvé 67,23; H %, calculé 6,42; trouvé 6,49; Cl %, calculé 9,50; trouvé 9,46.

(1) E. Fourneau et D. Bovet, *C. R. Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 388; E. Fourneau, P. Maderni et Mme de Lestrange, *J. Pharm. et Chim.*, 8e série, **18**, 1933, p. 185.

(2) Geigy, U. S. P. 2.366-611. *Chem. Abstr.*, 39, 1945, p. 1964; Swiss. P., **233.683**. *Chem. Abstr.*, **40**, 1946, p. 5072; Br. P., **565.573**. *Chem. Abstr.*, **43**, 1949, p. 4304.

(3) Tous les points de fusion ont été pris au microbloc de Kofler.

(4) Pour prouver la constitution de cet éther benzylique, nous l'avons méthylé par le sulfate de méthyle, puis débenzylé et avons ainsi obtenu la méthoxy-3 hydroxy-4 benzophénone, F 97°. (I. Ioffe, *J. Gen. Chem.*, **20**, 1950, p. 346; *Chem. Abstr.*, **44**, 1950, p. 6131).

GÉOMORPHOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur le façonnement des graviers de quartz.* Note de MM. **Léopold Berthois** et **Jean Portier**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Le cylindre en béton utilisé pour ces expériences est celui précédemment décrit (1). Dans ce cylindre, nous avons introduit : 200 g de quartz en grains concassés, calibrés par tamisage à 8-6 mm (741 grains) et 1000 cm³ d'eau distillée.

Tous les essais successifs n'ont porté que sur la gamme dimensionnelle initiale. Les grains recueillis après chaque essai sur les cribles de diamètres inférieurs ont été exclus et l'eau renouvelée. Nous avons ainsi obtenu une usure plus rapide qu'en présence d'une fraction limoneuse (*voir* 3°, *loc. cit.*).

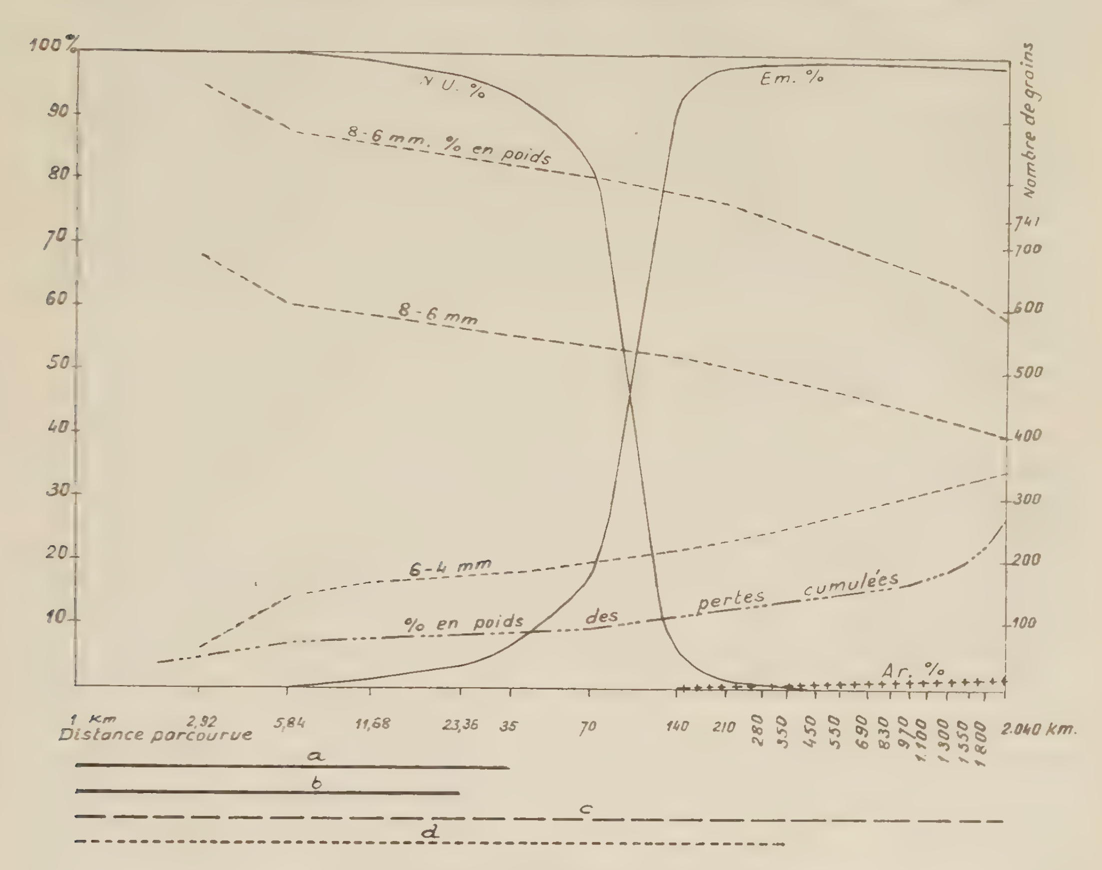
Le mode opératoire est resté le même que pour le quartzite (*loc. cit.*). Les expériences ont dû être arrêtées après 2 040 km de parcours, le nombre de grains de 8-6 mm se trouvant réduit à 398. Les principaux résultats obtenus sont représentés sur le graphique.

Ces résultats montrent que :

1° L'usure est marquée dans les premiers kilomètres du parcours et devient très faible ensuite :

Parcours (km)........	2,92	5,84	11,68	35	450	2040
Perte (% au km)......	0,770	0,458	0,051	0,026	0,011	0,005

(Les dernières valeurs ne représentent qu'un ordre de grandeur).



N. U., non usés; Em, émoussés; Ar, arrondis.

Traits discontinus : granulométrie des deux principales dimensions (en nombre : échelle de droite; en % : échelle de gauche).

Pourcentage des pertes : échelle de gauche.

Bas de graphique : mode d'usure :

a. Éclatement en deux morceaux quasi identiques;
b. Arrachement de petites écailles : émoussement;
c. Usure par frottement : polissage;
d. Broyage donnant un produit fin.

2° Les courbes granulométriques numériques des dimensions 8-6 mm et 6-4 mm peuvent être divisées en tronçons dont les équations ont été

calculées, les équations des tronçons du parcours supérieur à 625 km sont :

$$\text{Grains de 6-8 mm :}\quad y = -\frac{3}{70}x + 454;$$

$$\text{» \quad 6-4 mm :}\quad y = -\frac{3}{70}x + 254.$$

Elles permettent de calculer qu'après un parcours de 2 683 km le nombre de grains du résidu sur le tamis 6 sera égal au nombre de grains franchissant ce crible. Ce résultat était atteint, pour le quartzite (*loc. cit.*), après 40 km. Le quartz s'use donc 67 fois moins vite que le quartzite.

3° Les résultats morphoscopiques doivent être considérés comme indicatifs, mais non significatifs. Malgré la réduction à trois types de grains, l'attribution de certains d'entre eux à une forme déterminée est encore douteuse. Il en ressort cependant : *a*. qu'après un parcours de 70 km très peu de grains portent des stigmates de ce transport et que les grains non usés ne disparaissent complètement qu'après un parcours d'au moins 350 km.

b. La courbe des pourcentages des grains émoussés a une forme inverse de celle des grains non usés.

c. Les grains arrondis n'atteignent que 1,5 % après 2 040 km de parcours, mais ces grains arrondis sont encore irréguliers et fort éloignés des formes subsphériques observées dans la nature.

4° En fin de parcours, les grains de 8-6 mm ont le même faciès émoussé luisant que des graviers de même diamètre recueillis en Loire en amont de Saumur, mais certains grains de quartz de fleuve sont nettement plus usés. Les graviers de la Loire présentent en outre une patine ocreuse.

5° Nous avons montré qu'après quelques centaines de kilomètres l'usure devient très lente. Par conséquent, les grains subsphériques, polis, observés dans la nature ne peuvent atteindre cette perfection qu'après un transport si long qu'il ne paraît guère réalisable dans un seul cycle sédimentaire.

(1) L. Berthois et J. Portier, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1778.

GÉOPHYSIQUE. — *Étude photoélectrique du spectre du ciel nocturne entre 0,7 et 1,2 μ*. Note de M. Maurice Dufay, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre du ciel nocturne a fait l'objet d'études récentes dans le proche infrarouge au moyen de récepteurs photoélectriques. La région 0,7-1,1 μ du spectre a été observée par Krassovsky et ses collaborateurs (1) au moyen d'un transformateur d'images et par Kron (2) avec une cellule à

multiplicateurs d'électrons; celle allant de 1 à 2 μ a été explorée par Valance Jones et Gush ([4]) qui se sont servis d'une cellule à PbS. Le pouvoir de résolution des spectrogrammes obtenus par ces divers auteurs ne descend pas au-dessous de 100 ou 200 Å.

J'ai repris l'étude de la région 0,7-1,1 μ du spectre en utilisant une cellule photoélectrique à multiplicateurs d'électrons placée derrière un monochromateur. Ce dernier, établi suivant le schéma classique de Pfund, comporte deux miroirs sphériques identiques de 80 cm de distance focale et de 18 cm de diamètre, et deux miroirs plans percés de deux ouvertures rectangulaires derrière lesquelles sont placées les fentes d'entrée et de sortie de hauteur 50 mm. Les miroirs sont dorés. Le système dispersif est un réseau rectangulaire à échelons, à 600 traits/mm, assurant un maximum de concentration de la lumière à 0,95 μ dans le spectre du premier ordre. La dispersion dans le plan de la fente de sortie est de l'ordre de 20 Å/mm. Un système condenseur à trois lentilles composées dont la dernière est ouverte à *f*/1 est placé directement derrière la fente de sortie. Il projette sur la photocathode de la cellule une petite image monochromatique du réseau. Un filtre rouge arrête la radiation du spectre du second ordre superposée à la radiation observée.

Le système détecteur comporte une cellule Lallemand à 19 étages d'amplification dont la cathode à Cs-O-Ag est sensible jusque vers 1,1 μ. La cellule, placée dans une double enceinte calorifugée, est refroidie par de la neige carbonique. Le signal de sortie est reçu sur un enregistreur à plume par l'intermédiaire d'un adaptateur d'impédance dont la constante de temps peut être choisie à volonté. Un dispositif mécanique permet d'obtenir par rotation du réseau un enregistrement continu du spectre de 0,7 à 1,1 μ en 15 mn.

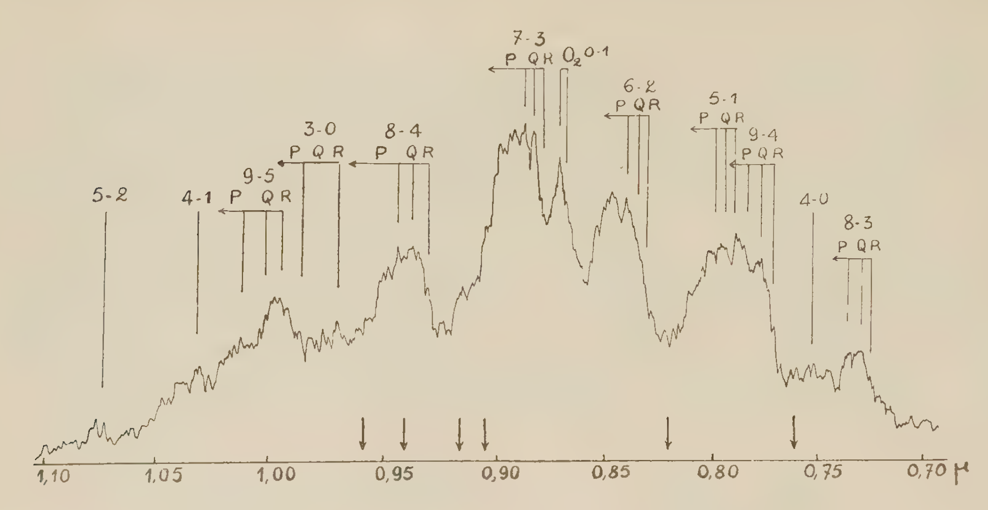
La sensibilité spectrale de l'appareil, étudiée à l'aide d'une lampe à ruban de tungstène étalonnée, est maximum vers 0,85 μ; elle est réduite de moitié vers 1 μ et s'annule vers 1,2 μ.

La nécessité de refroidir énergiquement la cellule conduit à de grosses difficultés expérimentales. On élimine les condensations de vapeur d'eau sur la surface des lentilles en les réchauffant légèrement. On évite en outre toute entrée d'air humide dans l'enceinte de la cellule en reliant celle-ci à l'atmosphère extérieure par l'intermédiaire d'un réservoir de grand volume rempli d'alumine activée.

Moyennant ces précautions, j'ai pu réunir à l'Observatoire de Haute-Provence au cours du dernier trimestre de 1956 une cinquantaine d'enregistrements corrects, pris avec des largeurs de fente variables de 1,5 à 5 mm. La figure ci-jointe reproduit l'un de ceux-ci à l'échelle 1/2.

Ce sont naturellement les bandes de vibration-rotation de OH qui sont

prédominantes dans le spectre. Les bandes 8-3 et 9-4 apparaissent sur tous les enregistrements. La séquence $v' - v'' = 4$ est représentée par les bandes 4-0, toujours faible, 5-1, 6-2, 7-3, 8-4 et 9-5 intenses. On observe enfin sur les meilleurs enregistrements les bandes 3-0, 4-1 et 5-2; cette



Enregistrement du 12 novembre 1956. Les flèches verticales indiquent la position des plus fortes bandes d'absorption de la vapeur d'eau.

dernière se trouve dans la région de sensibilité limite de la cellule. Dans une même séquence, les intensités des bandes croissent en même temps que v'. Des mesures préliminaires ont donné pour les bandes les plus intenses les résultats suivants :

$v' - v''$	8-3.	9-4.	4-0.	5-1.	6-2.	7-3.	8-4.	9-5.
Intensité (échelle arbitraire)	0,37	0,65	0,31	0,62	0,80	0,95	1,05	1,25

Le pouvoir de résolution des meilleurs enregistrements, de l'ordre de 30 ou 40 Å, ne permet pas d'analyser la structure complexe des trois branches dédoublées P, Q et R. On observe cependant très nettement les arêtes des branches R et leur position coïncide bien avec les longueurs d'onde théoriques déduites des dernières données expérimentales de Chamberlain (4). La branche Q se manifeste par un maximum unique au voisinage de Q_2. Le grand étalement de la branche P permet parfois d'observer les différentes composantes. Des superpositions rendent souvent difficile l'analyse du spectre (bandes 9-4 et 5-1, 3-0 et 9-5, 9-5 et 4-1). Du côté des grandes longueurs d'onde, on note vers 9 970 Å un maximum important qui peut correspondre à la superposition de la raie P_4 de la bande 3-0 et de la branche R de la bande 9-5.

La bande 0-1 de l'oxygène est toujours bien visible, souvent dédoublée en ses deux branches P et R. L'examen de la série d'enregistrements

confirme que l'intensité de cette bande est sujette à des variations importantes sans corrélation avec celle des bandes de OH.

Ces premières expériences ont montré que la région 0,7-1,1 μ du spectre du ciel nocturne est accessible à un enregistrement rapide à l'aide d'une cellule à Cs-Ag-O. Après amélioration de la sensbilité par traitement des surfaces réfléchissantes, et de la définition par perfectionnement de la mécanique d'entraînement du réseau, on doit pouvoir obtenir des résultats comparables dans l'infrarouge photographique à ceux obtenus sur des poses de plus de 20 h; on étend en outre très notablement le domaine d'investigation du côté des grandes longueurs d'onde.

(1) V. J. Krassovsky, *Uspeki Phys. Nauk*, 47, 1952, p. 493; V. T. Hukashenia et V. J. Krassovsky, *Doklady Acad. Nauk U. R. S. S.*, 79, 1951, p. 241; 80, p. 735 et 81, p. 811; B. A. Bagariazky et N. I. Fedorova, *Doklady Acad. Nauk U. R. S. S.*, 105, 1955, p. 1009.

(2) *P. A. S. P.*, 62, 1950, p. 264.

(3) *J. Atmosph. Terr. Phys.*, 7, 1955, p. 285.

(4) *Astrophys. J.*, 121, 1955, p. 541.

PALÉONTOLOGIE. — *La série Néocrétacée du Fezzan et sa faune de Céphalopodes.* Note (*) de M. **Maurice Collignon**, présentée par M. Jean Piveteau.

La série Néocrétacée est connue depuis longtemps dans la région désertique de l'Afrique du Nord, depuis l'Égypte jusqu'au Sahara, et elle a fait, depuis plus de 50 ans, l'objet de nombreux travaux géologiques et paléontologiques. J. Wanner, A. Quaas, B. Greco, H. Douvillé, R. Furon et D. Schneegans, en particulier, ont décrit des faunes où les Mollusques et les Échinides jouent le rôle le plus important.

La région désertique du Fezzan, peu connue, n'avait fourni jusqu'ici que de très rares fossiles. Or, au début de 1956, MM. Rumeau et Defrenne, géologues de l'Institut français du Pétrole, ont eu l'occasion de se livrer à une exploration méthodique du Plateau du Tinrhert, le long de la frontière franco-libyenne, entre Ghadamès et Fort Flatters.

Au-dessus du Continental Intercalaire constitué ici par des argiles à gypse, le Cénomanien, et surtout le Turonien, ont fourni des faunes importantes et variées. Malheureusement, la série dite de Timellouline qui doit représenter, au-dessus du Turonien, le Coniacien, le Santonien et le Campanien est restée provisoirement stérile. Et le Maestrichtien, dans sa partie supérieure, a, de nouveau, fourni une faune importante.

L'intérêt des fossiles recueillis au Fezzan réside surtout dans ce fait que le Turonien Inférieur est représenté par une très riche faune d'Ammonites dont beaucoup n'avaient jamais été signalées en dehors de leurs

gisements d'origine. Et cette circonstance ouvre de nouveaux aperçus sur la dispersion des faunes mésogéennes à cette époque, en direction du Sud.

La liste des Céphalodes recueillis est la suivante :

Ordre des *Nautilida* Spath.
Famille des *Nautilidæ* Owen, 1836 *emend* Spath, 1927.
Genre *Eutrephoceras* Hyatt, 1894.
Eutrephoceras desertorum Zittel. Maestrichtien sup.
Genre *Angulithes* Montfort, 1818.
A. Fleuriausi d'Orb. Cénomanien.
A. metafleuriausi H. Douv. Maestrichtien sup.
Ordre des *Ammonoidea* de Haan, 1825.
Famille des *Acanthoceratidæ* de Gross., 1894.
Sous-Famille des *Acanthoceratinæ* de Gross., 1894.
Genre *Nigericeras Schneegans*, 1939.
Cf. *Nigericeras* Jacqueti Schneeg. Turonien inf.
Sous-Famille des *Mammititidæ* Hyatt, 1900.
Genre Mammites Laube et Bruder, 1887.
M. subconciliatus Choffat var. *Flattersi* nov. var. Turonien inf.
M. aff. pseudonodosoides Choffat. Turonien inf.
Famille des *Vascoceratidæ* H. Douvillé, 1911.
Genre *Vascoceras* Choffat, 1898.
V. Gamai Choffat Turonien inf.
V. (*Paravascoceras*) *Rumeaui* nov. sp. Turonien inf.
Sous-Genre *Discovascoceras* nov. subgen.
V. (*Discovascoceras*) cf. *amieirense* Choffat. Turonien inf.
V. (*Discovascoceras*) *tesselitense* nov. sp. Turonien inf.
V. (*Discovascoceras*) *Defrennei* nov. sp. Turonien inf.
V. (*Discovascoceras*) sp. juv. ind. Turonien inf.
Famille des *Tissotiidæ* Hyatt, 1900.
Sous-Famille des *Hoplitoidinæ* H. Douvillé, 1911.
Genre *Hoplitoides* v. Koenen, 1898.
H. aff. ingens v. Koenen *emend.* Solger, *emend.* Riedel. Tur. inf.
Sous-Famille des *Pseudotissotinæ* Hyatt, 1903.
Genre *Pseudotissotia* Peron, 1896.
P. Gallienei d'Orb. var. *inflata* nov. var. Turonien inf.
Genre *Bauchioceras* Reyment, 1954.
B. nigeriense Woods. Turonien inf.
Genre *Furoniceras* nov. gen., 1956.
F. Trumpyi nov. sp. Turonien inf.
Genre *Leoniceras* H. Douvillé, 1912.
Leoniceras Pavillieri Pervinq. Turonien inf.

Famille des *Sphenodiscidæ* Hyatt, 1900.

Genre *Libycoceras* Hyatt, 1903.

Libycoceras Ismaëlis Zittel. Maestrichtien sup.

Famille des *Binneyitidæ* Reeside, 1928.

Genre *Neolobites* Fischer, 1882 *emend.* Peron.

N. Vibrayei d'Orb. Cénomanien inf.

N. Peroni Hyatt. Cénomanien sup.

N. Fourtaui Pervinq. Cénomanien sup.

La description complète de cette faune fait l'objet d'un Mémoire qui sera publié dans les *Annales de Paléontologie.*

(*) Séance du 7 janvier 1957.

PALÉONTOLOGIE. — *Polypiers Tabulés dévoniens à structure* Acanthinée. Note de Mme **Dorothée Le Maître**, présentée par M. Gaston Delépine.

Cette Note définit, sous le nom de *Holacanthoporinæ*, les caractères d'une nouvelle sous-famille de *Favositidæ* et ceux d'un genre nouveau : *Maurenia* rattaché à cette sous-famille.

Cette Note a pour objet de définir les caractères d'une nouvelle sous-famille de *Favositidæ* que nous sommes amenée à créer sous le nom de *Holacanthoporinæ* pour y grouper des formes à microstructure du type *Acanthiné.* De ces formes, les unes appartiennent au genre *Holacanthopora*, les autres, à un genre nouveau, le genre *Maurenia* dont nous décrivons ci-après les caractères.

1. *Holacanthoporinæ* nov. subfam. — Cette sous-famille comprend des Favositides de formes variées :

1° colonies cylindriques ou comprimées à polypiérites *arrondis*, non parfaitement jointifs, disposés en faisceaux et munies d'une holothèque épaisse : *Holacanthopora fascialis* Le Maître;

2° colonies en bâtonnets dont les polypiérites à contour *polygonal* sont jointifs; il n'y a ni épithèque, ni holothèque : *Holacanthopora gracilis* Le Maître et *Holacanthopora irregularis* sp. nov;

3° colonies plates, discoïdes, formées d'un petit nombre de polypiérites et munies d'une épithèque basale : *Maurenia arborescens* Le Maître.

Toutes les colonies ont une microstructure *acanthinée :* les murailles des polypiérites sont constituées par des trabécules du type *holacanthe* sertis dans un sclérenchyme lamellaire. Les planchers, lorsqu'ils sont présents, sont du type vésiculaire.

Les genres et espèces de cette sous-famille proviennent de l'Emsien et du

Couvinien inférieur du Sud-Oranais ; ils ont été recueillis dans deux gisements distants de 15 km.

2° Genre *Holacanthopora* Le Maître. — Ce genre a déjà été décrit ainsi que les deux espèces : *H.* [illegible] et *H. gracilis* (¹), (²). Une troisième espèce doit y être adjointe : *Holacanthopora irregularis* sp. nov. Voici les caractères de l'exemplaire type :

C'est une colonie rameuse, comprimée en l'une de ses parties et présentant deux bourgeons latéraux. Elle mesure 70 mm de longueur et a un diamètre moyen de 18 mm. Les polypiérites jointifs, de tailles diverses, ont un contour polygonal arrondi ou irrégulier suivant l'épaississement des parois. Leur diamètre ne dépasse pas 1 mm ; les pores calicinaux sont nombreux et de calibre variable. Les caractères internes sont ceux du génotype mais il y a lieu de noter la présence chez cette nouvelle espèce : d'un grand nombre d'épines septales et de vacuoles dans le sclérenchyme. Ces vacuoles sont dues à l'épaississement irrégulier du sclérenchyme ; elles se distinguent nettement en coupe tangentielle des sections régulières des holacanthes.

Cette espèce provient de l'Emsien de l'Erg el Djemel (Sud-Oranais).

3° Genre *Mourenia* (du pays des Maures). — Génotype *Mourenia arborescens* Le Maître du Couvinien inférieur d'El Kseib (Sud-Oranais).

Ce nouveau genre est fondé pour des colonies que j'avais rapportées « provisoirement, et sous réserve » au genre *Squameophyllum* (³). L'étude de nouvelles lames minces prélevées dans les colonies nous permettent d'en préciser la structure :

Ce sont de petites colonies en disques plus ou moins réguliers et épais. Leur aspect rappelle celui de *Cleistopora smythi* Le Maître, de certains *Pleurodictyum* (cf. *P. petrii* Maurer). La face proximale porte une épithèque à grosses rides concentriques disposées autour du point de fixation de la colonie, point souvent excentrique (³, p. 87, pl. II, fig. 23 à 27). La face distale est faite d'un petit nombre de calices polygonaux de taille variable dont les plus grands (7 au plus) peuvent être munis ou non d'une collerette calicinale. Le plancher calicinal est tapissé de granules ; ceux-ci sont disposés en séries radiales sur le pourtour externe. Chez les jeunes colonies (1er stade de croissance), ces granules sont de véritables épines de 0,5 mm de hauteur.

Des lames minces prélevées perpendiculairement aux deux faces de la colonie montrent les caractères suivants :

La lame basale de la colonie de 0,5 mm d'épaisseur est faite de fines lamelles horizontales, sinueuses et parallèles, de sclérenchyme de teinte sombre dans lesquelles les holacanthes de teinte blanche apparaissent nettement. Un certain nombre d'holacanthes font saillie au-dessus de la lame basale, et s'associent pour former de fines arborescences entourées

de sclérenchyme. Ces arborescences, holacanthes et sclérenchyme, sont noyées dans un tissu de remplissage calcaire rappelant celui du genre *Squameophyllum*. Ce tissu se distingue difficilement dans les colonies étudiées parce qu'il est fortement teinté par un dépôt d'oxyde de fer [(1), *pl.* XXII, *fig.* 18].

La paroi qui sépare deux polypiérites voisins est faite des mêmes éléments : sclérenchyme lamellaire de teinte foncée et holacanthes de teinte claire s'épanouissant en gerbe; les holacanthes ont un diamètre de 0,05 à 0,1 mm.

Cette structure est différente de celle observée chez les Polypiers du Genre *Cleistopora* du Dévonien, *Vaughania*, *Squameophyllum* et *Stro*[illegible]-*phyllum* du Carbonifère; elle justifie la création du genre *M*[illegible].

Ainsi la microstructure acanthinée, connue depuis quelque 20 ans chez les Polypiers Rugueux du Silurien anglais se retrouve et n'est pas un fait exceptionnel chez les Tabulés dévoniens du Nord de l'Afrique. Ceci permet de penser qu'elle pourra être retrouvée chez les polypiers du Carbonifère où elle a pu échapper à l'observation par suite de la conservation imparfaite des polypiers, ou donner lieu à une interprétation différente qui sera quelque jour précisée. Il faut noter que le matériel nord-africain se prête particulièrement bien à l'étude de ces microstructures qui n'ont pas encore été relevées chez les polypiers dévoniens du Nord-Ouest de l'Europe.

(1) Le Maître, *Faune du Dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'Erg el Djemel*, 1952, pl. IV, *fig.* 3 à 6.

(2) Le Maître, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1668.

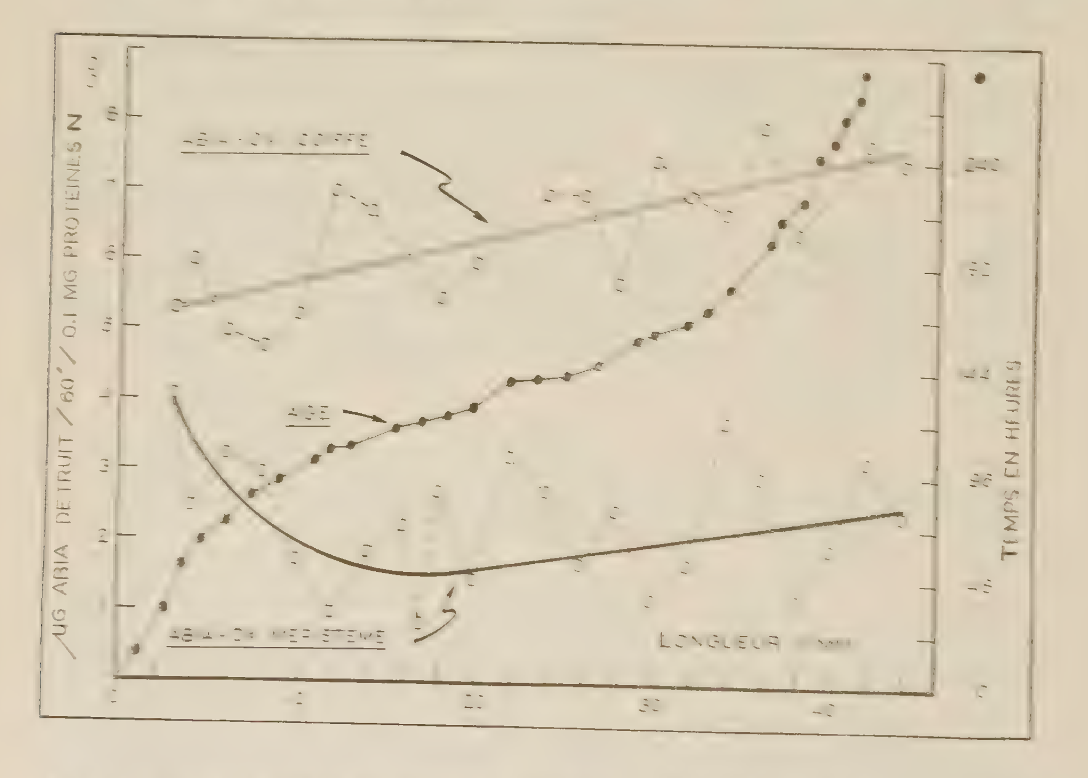
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Activité des auxines-oxydases et vieillissement des tissus*. Note de M. **Paul-Émile Pilet**, présentée par M. Raoul Combes.

L'activité des auxines-oxydases est forte dans les tissus âgés (coiffe radiculaire), et faible dans les tissus jeunes (méristème). La destruction *in vivo* de l'acide 3-indolyl-acétique augmente avec l'âge des racines dans les tissus de la coiffe et diminue, puis s'accroît dans le méristème.

L'étude de divers critères de vieillissement dans les tissus végétaux a fait l'objet de très nombreux travaux ( ). A cet égard les variations de la perméabilité, de la sélectivité et de la viscosité du cytoplasme ( ), celles de la teneur en réserves protidiques ( ), en auxines dans les coléoptiles ( ), les feuilles ( ), les pétioles ( ), les tiges ( ) et les racines ( ) sont significatives. Dans les racines, l'activité enzymatique (invertase et phosphatase) est modifiée par l'âge des tissus ( ).

L'analyse de l'activité des auxines-oxydases (11) a ouvert à ce problème de nouvelles perspectives et l'on devait noter (12) que l'activité de ces enzymes augmente dans un tissu vieillissant.

Sur les racines du *Lens*, nous avons montré (13) que les cellules âgées de la coiffe ont des auxines-oxydases plus actives que celles qu'on peut extraire du méristème, mais que les enzymes de ces cellules méristématiques, sous l'action de divers composés (2.4-dichlorophénol; 2.4-dinitrophénol; 2.4-dinitrocrésol; Mn^{++}) pouvaient être très fortement activées (13). Dans des cultures *in vitro* de carotte, nous avons observé que ces auxines-oxydases sont moins actives au niveau des néoformations que dans les fragments qui les portent (14).



La mise en évidence des auxines-oxydases a fait l'objet d'une technique précise publiée ailleurs (15) et qui nous servira pour établir les relations entre l'activité de ces enzymes et le vieillissement des tissus.

Examinons tout d'abord (voir tableau) l'activité des auxines-oxydases pour des racines du *Lens culinaris Med.* de 18 mm de longueur, développées à l'obscurité en boîte de Petri sur papier filtre humide à une température de 20°,0 ± 0,5.

On peut constater que l'activité de ces enzymes est forte dans les tissus âgés et faible dans les tissus jeunes, autrement dit que la destruction

le rôle de l'acide 3-indolylacétique (AIA) est plus important dans les jeunes tissus.

[illegible]

Tissus.	Essais.	Par 0.1 mg protéines N.	Par 100 mg poids frais.	Par 50 mg poids sec.
Coiffe (0-0.5 mm)	1	5.4	70.2	141.3
	2	7.3	69.5	138.6
	3	6.2	77.9	130.5
Méristème (0.5-1.0 mm)	1	2.1	5.0	10.5
	2	1.6	6.9	11.7
	3	2.7	6.2	12.1

Étudions maintenant (fig. [illegible]) l'activité des auxines-oxydases pour les deux types de tissus précédents et pour des racines d'âge variable. On sélectionne pour cela les graines qui germent le premier jour et l'on prélève régulièrement des racines (...) pour chaque expérience, choisies rigoureusement à la fois par leur longueur et par leur âge. L'examen du graphique montre que l'activité des enzymes de la coiffe augmente régulièrement avec l'âge des racines, celle des enzymes provenant du méristème diminuant puis s'accroît à nouveau. Il est intéressant de relever que les racines dont les auxines-oxydases du méristème sont les moins actives, sont précisément celles dont la vitesse de croissance est maximum ([16]).

(1) H. Fisher, *Protoplasma*, 39, 1950, p. 611.
(2) W. J. Van der Merwe, *Portugaliae Acta Biol.*, 4 (A), 1955, p. 215.
(3) G. S. Avery et F. Engel, *Amer. J. Bot.*, 41, 1954, p. 310.
(4) F. W. Went, *Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam*, 38, 1935, p. 752.
(5) G. S. Avery, *Bull. Torrey Bot. Club*, 62, 1935, p. 313.
(6) W. P. Jacobs, *Amer. J. Bot.*, 42, 1955, p. 594.
(7) M. Kramer et F. W. Went, *Plant Physiol.*, 24, 1949, p. 207.
(8) P. E. Pilet, *Phyton*, 4, 1953, p. 247; *VIIIe Congr. Bot.* (Paris), 11, 1954, p. 175.
(9) E. Robinson et R. Brown, *J. exper. Bot.*, 5, 1954, p. 71.
(10) Y. W. Tang et J. Bonner, *Amer. J. Bot.*, 35, 1948, p. 570; P. Larsen, *Plant Physiol.*, 26, 1951, p. 697.
(11) A. W. Galston et L. Dalberg, *Amer. J. Bot.*, 41, 1954, p. 373; A. W. Galston, *Proc. 3rd Int. Plant Growth Subst. Symp.*, Wye College, England, 1955.
(12) P. E. Pilet, *Act. Soc. helv. Sc. nat.*, 135, 1955, p. 135; P. E. Pilet et A. W. Galston, *Physiol. Plantarum*, 8, 1955, p. 888.
(13) P. E. Pilet, *Experientia*, 13, 1957 (sous presse).
(14) P. E. Pilet, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1141.
(15) P. E. Pilet, *Rev. gén. Bot.* (sous presse).
(16) P. E. Pilet, *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, 10, 1951, p. 137; *Experientia*, 7, 1951, p. 262.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Mélastomacées. Développement de l'embryon chez le* Clidemia hirta *D. Don*. Note (*) de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Les quelques Mélastomacées étudiées jusqu'ici se rattachent, les unes au type embryonomique du *Myosurus minimus*, les autres à celui de l'*Hypericum perforatum*. Le *Clidemia hirta* doit être rangé dans la famille embryogénique du *Myosurus*, à côté de l'*Oxyspora paniculata* dont il se distingue fondamentalement par une différenciation hâtive des initiales de l'écorce de la racine.

Les recherches entreprises ces dernières années par K. Subramanyan [1], sur l'embryogenèse des Mélastomacées, l'interprétation que nous avons donnée, R. Souèges et moi-même [2], [3], des résultats obtenus par cet auteur ont fait savoir que le développement de l'embryon n'est pas homogène dans cette famille. Dès maintenant, il est possible d'entrevoir les affinités réelles de ses représentants, mais nos connaissances sont encore, à ce sujet, trop fragmentaires pour qu'il soit possible d'en tirer des conclusions définitives. C'est dans le but d'apporter une contribution nouvelle à l'étude embryogénique des Mélastomacées que je me suis efforcé de déterminer, avec la plus grande précision, les lois du développement de l'embryon chez le *Clidemia hirta* D. Don, espèce qui m'a fourni un matériel assez abondant.

L'embryogenèse du *Clidemia hirta* est identique, à quelques différences secondaires près, à celle du *Myosurus minimus* [4], type fondamental, représentatif du mégarchétype IV dans le premier groupe et la première période de la classification embryogénique [5].

A l'embryon bicellulaire de la première génération (*fig.* 1), fait suite, à la deuxième génération, une tétrade de la série A_2 (*fig.* 3). La troisième génération comporte des formes à huit cellules disposées en quatre étages : à l'étage supérieur, *q*, correspondent les quadrants, à l'étage *m*, deux éléments juxtaposés; la cellule *ci* de la tétrade s'étant divisée en deux éléments superposés, a fait apparaître les deux étages, *n* et *n'* (*fig.* 4 à 6). La quatrième génération est caractérisée par la formation des octants (*fig.* 9 à 12). En 12, le proembryon présente quinze cellules disposées en six étages; les quadrants ont donné naissance à deux étages d'octants, *l* et *l'*; les cellules *n* et *n'* se sont cloisonnées, la première, verticalement, la seconde, transversalement; si l'étage *m* n'est formé encore que de trois cellules, l'une d'elles présente un noyau en voie de division et il est probable que, dans certains cas, l'étage peut être déjà quadricellulaire au stade des octants, permettant l'établissement de formes proembryonnaires théoriques à seize éléments. Les étages *l* et *l'* engendrent, le premier, la partie cotylée *s. lato*, le second, l'axe hypocotylé à l'exception des initiales de l'écorce de la racine, *iec*, qui, avec la coiffe, proviennent de l'étage hypophysaire *m*. Les descendantes des cellules *n* et *n'* participent à la construction d'un suspenseur massif (*fig.* 5 à 26).

Au cours des quatre premières générations, un certain nombre de variations se produisent et méritent d'être notées : 1° dans le proembryon bicellulaire, on peut assister à un cloison-

nement accéléré de la cellule basale avec obtention de formes linéaires à trois cellules (*fig.* 2); 2° la cellule *m* se cloisonne parfois avant la différenciation définitive des quadrants (*fig.* 4); 3° dès la troisième génération, la cellule *n'* se cloisonne souvent, en principe transversalement (*fig.* 6 et 7), plus rarement de manière verticale (*fig.* 5). Le mode de différenciation de l'hypophyse est, en outre, bien différent de celui que l'on observe chez le *Myosurus*



Fig. 1 à 29. — *Clidemia hirta* D. Don. Les principaux stades du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules, apicale et basale, du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée *sensu lato; l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *h*, hypophyse; *iec*, initiales de l'écorce au sommet de la racine. En 28, aspect général de l'embryon d'où sont tirés les détails de la figure 29. G = 370; 37 pour 28.

minimus; dans la cellule *m*, la première cloison est inclinée sur la verticale (*fig.* 6), la seconde, transversale, est oblique également, s'insérant, d'une part, sur la paroi précédente, d'autre part, sur les parois qui limitent inférieurement les octants inférieurs (*fig.* 12 et 14). Trois cellules sont ainsi obtenues, dont l'une, située vers le haut, présente une situation et une forme identiques à celles de la cellule qui, dans le type *Capsella* par exemple, se trouve séparée par la différenciation d'une cloison en verre de montre à direction nettement transversale. Cet élément supérieur donne naissance à un groupe de deux (*fig.* 16 et 17), puis de quatre cellules (*fig.* 18 à 29) qui, directement ou après de nouvelles divisions, se comportent comme les initiales de l'écorce de la racine.

L'embryogenèse du *Clidemia* est comparable à celle de l'*Oxyspora pani-*

culata DC. envisagée en 1951, par K. Subramanyan. Cependant, chez l'*Oxyspora*, le premier cloisonnement de *ci* paraît être normalement vertical; il est transversal chez le *Clidemia*. La différenciation de l'hypophyse à partir de *m* chez le *Clidemia* est rapide, les deux premières cloisons, à ce niveau, suffisant pour délimiter la cellule à partir de laquelle prennent naissance les initiales de l'écorce de la racine; chez l'*Oxyspora*, le groupe d'initiales apparaît tardivement, puisque, à partir de la cellule *m* de la tétrade, il se différencie deux, puis quatre éléments situés sur un même plan horizontal, que ceux-ci par leur cloisonnement vertical font apparaître ensuite quatre cellules périphériques et quatre cellules circumaxiales, et que ces dernières prennent des parois horizontales isolant, vers le haut, une tétrade qui correspondra directement aux initiales de l'écorce ou leur donnera naissance après formation de cloisons transversales. Les figures données par le très savant observateur hindou ne sont pas absolument explicites par ce dernier point.

Par les formes embryonnaires qui appartiennent à la famille embryogénique du *Myosurus minimus*, les Mélastomacées s'apparentent étroitement aux autres Myrtales : Lythracées, Œnothéracées et Myrtacées entre autres. Mais d'autres membres de la famille, le *Sonerila Wallichii* Benn. et le *Melastoma malabathricum* L., également étudiés par K. Subramanyan, appartiennent, dans la deuxième période de la classification embryogénique, à la famille de l'*Hypericum perforatum*, ce qui les rapproche des Hypéricacées, des Saxifragacées et des Crassulacées. Des recherches ultérieures portant sur l'embryogenèse d'un nombre suffisant de genres devraient permettre de répartir les Mélastomacées en deux groupes fondamentaux, non dépourvus d'ailleurs de liens de parenté étroits, puisque les familles embryogéniques du *Myosurus* et de l'*Hypericum* occupent, dans la première et la deuxième période des cases correspondantes. Dans chacun de ces groupes, il serait peut-être possible d'établir des subdivisions en prenant comme critères les variations d'importance secondaire, que l'on relève dans l'édification des formes proembryonnaires; à ce point de vue les différences observées dans le mode de cloisonnement de l'hypophyse pourraient, selon toute vraisemblance, être particulièrement prises en considération.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

(1) *Proc. ind. Acad. Sc.*, **19** B, 1944, p. 115; *J. ind. bot. Soc.*, **27**, 1948, p. 11; *Phytomorphology*, **1**, 1951, p. 205.

(2) R. Souèges et P. Crété, *Année biologique*, **28**, 1952, p. 9.

(3) P. Crété, *Bull. Soc. bot. Fr.*, **103**, séance du 31 décembre 1956 (sous presse).

(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 686 et *Bull. Soc. bot. Fr.*, **58**, 1911, p. 542, 629 et 718; **59**, p. 23 et 51.

(5) R. Souèges, *Embryogénie et Classification. Essai d'un système embryogénique.* Partie spéciale : *Première période du système*, Paris, 1948.

PALYNOLOGIE. — *Application de la méthode des diagrammes de dispersion symbolique à l'analyse pollinique.* Note (*) de M. **Armand Pons**, transmise par M. Louis Emberger.

Introduction en palynologie de la méthode des diagrammes de dispersion symbolique pour la détermination des pollens ailés de gymnospermes : principes et résultats d'un exemple précis d'application.

L'introduction de cette méthode en palynologie a pour but de faciliter et d'affermir la détermination des genres et espèces représentés par les pollens ailés fossiles de gymnospermes.

Les difficultés rencontrées généralement dans ces déterminations proviennent de ce que chaque caractère du pollen, pris isolément, est commun à plusieurs genres ou espèces, sans être particulier à aucun, et de ce que presque tous les caractères présentent une certaine variation dans l'ensemble des pollens d'une même unité systématique.

Ces chevauchements et variations de caractères font qu'on ne peut parvenir, en considérant chaque pollen isolément, à déterminer avec précision les groupes naturels en présence, car il est impossible de faire une description synthétique des pollens de chacun d'eux.

Ces difficultés semblent pouvoir être levées, autant que possible, en procédant successivement aux opérations suivantes :

1° Analyser, en détail, les caractères de chaque grain;

2° Grouper les grains de telle façon que se trouvent réunis ceux qui ont entre eux plus de traits communs qu'avec aucun des autres;

3° Baser la détermination sur la seule description synthétique, théorique, de l'ensemble des pollens de chaque groupe.

Le problème consiste donc essentiellement à établir les divers degrés de corrélation existant entre des caractères variables. Eu égard au nombre de caractères qui doivent être pris en considération, nous pensons que la méthode dite des diagrammes de dispersion symbolique est parfaitement capable de mettre en évidence les corrélations les plus importantes, qui sont seules susceptibles de nous aider.

Cette méthode consiste à placer chaque individu, représenté par un idéographe, sur un diagramme dans lequel abscisses et ordonnées correspondent à une mensuration.

Les mensurations et caractères analysés sont ceux dont l'importance a été reconnue unanimement. Les valeurs du plus grand diamètre du corps du grain et de la profondeur des ballonnets nous ont permis de mettre en place les idéographes. Ceux-ci ont été construits sur les caractères suivants :

— Forme du corps du grain (subsphérique, en ellipsoïde allongé, en ellipsoïde aplati);

— Volume du ballonnet par rapport à celui du corps du grain;

— Mode d'attache, large ou étroite, des ballonnets [1];

— Types de l'exine du ballonnet et de la calotte, tels qu'ils ont été décrits par Mme Van Campo-Duplan [2];

— Présence ou absence de crêtes marginales, de rebord latéral et de boursouflures de la calotte;

— Épaisseur de la calotte en son centre;

— Position des ballonnets par rapport au centre de la calotte et forme plus ou moins emboîtante des ballonnets.

Les diagrammes sont construits sur l'étude de 50 grains pris dans l'ordre où ils se présentent à partir d'un point pris au hasard sur une préparation, elle-même prise au hasard parmi celles montées avec le matériel à étudier. Le nombre de 50 a été jugé suffisant puisque, de l'avis général des statisticiens, le nombre d'échantillons doit être d'au moins 30 et, au plus, de 50 à 60.

Sur le diagramme, nous considérons comme faisant partie d'une même unité systématique (espèce, genre), les idéographes réunis en groupe et qui, de plus, se ressemblent plus entre eux qu'ils ne ressemblent au type moyen de ceux d'aucun autre groupe.

Nous appliquons cette méthode dans une étude d'ensemble des sédiments pliocènes de la région méditerranéenne française et de régions voisines.

En voici un exemple précis, qui en montre les possibilités : Dans un niveau lignitifère plaisancien de Châtillon-la-Palud (Ain) nous avons pu, grâce à elle, mettre en évidence l'existence de 14 espèces ou genres, en particulier, 2 espèces d'*Abies*, les genres *Pseudolarix* et *Podocarpus* (ces derniers signalés pour la première fois dans le Pliocène de France), plusieurs espèces du genre *Pinus* des groupes *silvestris* et *haploxylon* et le genre *Picea*. Celui-ci présente des pollens variables, mais comme il n'apparaît aucune corrélation entre les différentes variations de caractères, nous pensons qu'il n'y a qu'une seule espèce.

Ces résultats mettent en évidence les deux avantages essentiels, qui justifient l'introduction de la méthode en palynologie :

1° Elle réduit la part de subjectivité que le souci de la détermination introduit facilement dans le tri des entités systématiques;

2° Elle permet de faire des déterminations plus sûres, parce que basées sur l'*ensemble des caractères* communs au pollen de chaque entité.

La question de son application à d'autres groupes morphologiques de pollens (triporés entre autres) est à l'étude.

Un exposé détaillé de la méthode prés entée sera publiée ultérieurement [3]

(*) Séance du 2 janvier 1957.

(1) *Beihefte Bot. Centralbl.*, 54, abt. B, p. 252.

(2) *Trav. Lab. Forest. Toulouse*, 2, IV, art. 1, 182 pages.

(3) *Rec. trav. Lab. Bot. Géol. Zool. Fac. Sc. Montpellier*, fasc. 8 (sous presse).

BOTANIQUE. — *Phyllotaxie du Châtaignier, quelques dispositions anormales.* Note (*) de Mme **Madeleine Codaccioni**, présentée par M. Roger Heim.

Les anomalies du Châtaignier n'affectent souvent que les portions centrales des rameaux à croissance sympodiale, le retour à un type normal étant rapide.

Les principaux types phyllotaxiques normaux présentés par le Châtaignier ont été décrits dans une récente publication [1]. J'ai eu l'occasion de rencontrer sur la même espèce, diverses anomalies. Celles-ci occasionnent très rarement des fragmentations ou aplatissements du point végétatif.

Les anomalies étudiées sont signalées par la présence de *feuilles jumelles* qui, insérées sensiblement au même niveau, sont indépendantes par leur limbe et leur pétiole, mais accolées par leurs segments foliaires, jointifs ou plus ou moins confondus (*fig* 1). Les deux bourgeons axillaires peuvent être séparés, partiellement soudés ou remplacés par un seul; la stipule droite de la feuille gauche et la stipule gauche de la feuille droite, parfois indépendantes (I*a*), sont souvent soudées (I*b*), ou encore les deux peuvent disparaître (I*c*).

Le nombre et la répartition des feuilles jumelles permet de distinguer *trois types d'anomalies*. Un premier type ne modifiant pas la phyllotaxie générale est rencontré chez les rameaux des arbres de plein jet dont les pousses ont au plus une quinzaine de feuilles. Deux autres types d'anomalies, fréquents chez les rejets pouvant compter jusqu'à 50 feuilles, intéressent une portion importante du rameau, modifient finalement soit le sens d'enroulement des hélices foliaires, soit leur nombre.

1° *Anomalie ne modifiant pas la phyllotaxie du rameau* et caractérisée par la présence d'un seul couple de feuilles jumelles; les dispositions foliaires précédant et suivant l'apparition des feuilles jumelles sont identiques. L'anomalie du *rameau A* traduit une tendance à l'introduction d'une troisième hélice foliaire au niveau des formations jumelles. Cette tentative avorte et après une feuille 9 très étroite, la disposition plagiotrope reprend régulièrement.

2° *Anomalie profonde modifiant le sens d'enroulement des hélices foliaires.* — Le *rameau B* montre la présence de feuilles jumelles sur deux orthostiques opposées; ces formations ne s'y suivent pas, mais sont intercalées avec des feuilles simples; de plus elles apparaissent alternativement sur les deux orthostiques.

La base du rameau B comporte deux hélices foliaires redressées (zone 1), remaniées dans la zone 2 (feuille 6 à 13); la constance de la taille des segments et la régularité des dispositions foliaires écartant l'hypothèse de la création d'une troisième hélice. La zone 3, débutant à la feuille 13, ne peut être interprétée qu'avec trois hélices (13 et 17 seraient sur une même hélice)

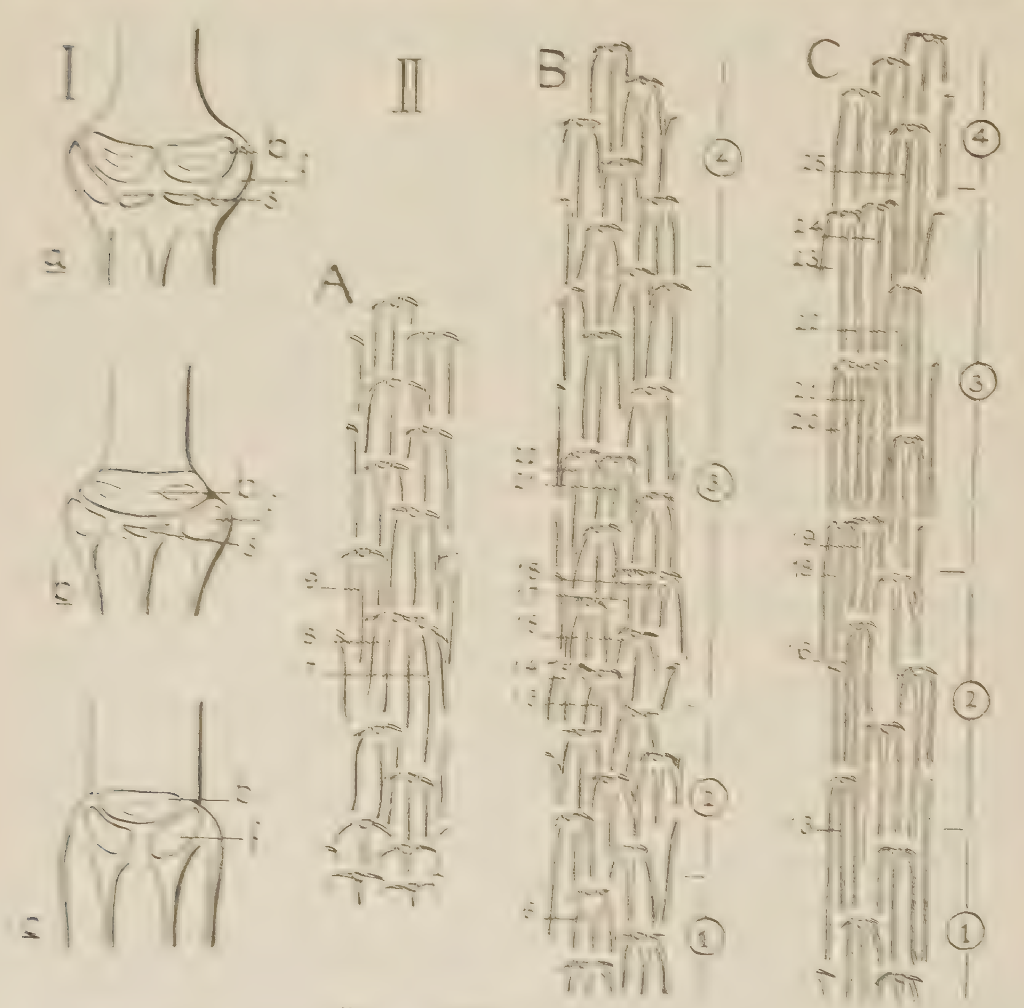


Fig. 1. — Feuilles jumelles (× 5).

a, Complexes foliaires indépendants; *b*, deux feuilles, deux bourgeons axillaires soudés à leur base, une seule stipule; *c*, deux feuilles, un seul bourgeon axillaire, disparition de la stipule médiane. Dans les trois cas les stipules latérales ne sont pas visibles. *b*, section du bourgeon axillaire; *ft*, cicatrice foliaire; *s*, cicatrice stipulaire.

Fig. 2. — Développement dans un plan des trois rameaux A, B et C.

A. Pousse d'un arbre de plein jet. Longueur et largeur × 1/4. Un seul couple de feuilles jumelles 7-8. Présence d'une feuille étroite 9.

B. Rejet. Longueur × 1/8, largeur × 1/4. Présence dans la zone 3 de plusieurs couples de feuilles jumelles 13, 14-17, 18-21, 22.

C. Rejet. Longueur et largeur × 1/4. Dans la zone 3, présence de feuilles jumelles superposées 18, 19-20, 21-23, 24.

ni avec deux hélices ayant un sens d'enroulement constant (discontiguïté entre 14 et 15). Toutefois il est possible tout en respectant la notion de contiguïté de tracer deux hélices foliaires en invoquant trois inversions successives du sens d'enroulement.

Par contre on pourrait penser qu'il se produit au niveau des feuilles 13, 14, 17, 18, 21, 22, des tentatives de dédoublement sur les deux hélices foliaires de la base, redressées alors en orthostiques. Ce serait la répétition du type de phénomène rencontré une seule fois sur la tige A.

La zone terminale comporte la prolongation des deux hélices foliaires dont le sens d'enroulement est inversé par rapport à celui de la zone 2.

Quelle que soit l'interprétation adoptée pour la zone 3, ce rameau B est le produit du fonctionnement de deux centres générateurs.

3° *Anomalie profonde modifiant le nombre des hélices foliaires.* — Les feuilles jumelles sont alignées sur la même orthostique (rameau C, *fig.* 2). Les 12 premières feuilles de ce rejet ont une disposition plagiotrope (zone 1); le mode orthotrope spiralé (zone 2) débute par la formation 13 très étroite. La zone suivante avec ses formations jumelles successives, superposées, impose qu'il y ait à ce niveau trois hélices foliaires redressées. La naissance de la troisième hélice pourrait être recherchée dans le dédoublement du centre générateur ayant produit 16. Cependant l'étroitesse frappante des feuilles 13 et 16 incite plutôt à penser que *la feuille 13 est la première création* de cette troisième hélice, née dans la portion de l'anneau initial correspondant à l'intersegment de la zone 1. Le passage à la disposition orthotrope spiralée s'établit ensuite insensiblement.

Les formations jumelles de la zone 3 du rameau C seraient dues non pas à un dédoublement de centres générateurs, mais à un accolement de deux centres générateurs fonctionnant de façon synchrône *dans le même secteur.*

Conclusion. — *Le développement exclusivement annuel du point végétatif* du Châtaignier semble interdire une augmentation importante et durable du nombre des centres générateurs, nombre généralement inférieur à 3. Les anomalies intéressent les périodes de maturité du point végétatif correspondant aux régions médianes des rameaux, dont les portions terminales sont de type normal le plus souvent orthotrope spiralé.

Le type C montre *le rôle sectorial joué par l'anneau initial* au niveau des anomalies où les trois hélices foliaires sont redressées en orthostiques.

Le type B montre des tentatives déterminant des anomalies, dont l'interprétation est délicate. Les recherches actuellement en cours sur le fonctionnement des points végétatifs créateurs de tels rameaux, pourraient permettre avec l'aide de la méthode expérimentale, une interprétation sans équivoque.

(*) Séance du 2 janvier 1957.
([1]) M. Codaccioni, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 905.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la recherche du pinitol chez quelques Caryophyllacées, Magnoliacées et plantes de familles voisines.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans d'autres Notes ([1]), j'ai signalé la présence de *d*-pinitol chez de nombreuses Caryophyllacées et quelques Magnoliacées. Le présent travail a pour but d'examiner de nouvelles espèces appartenant à ces deux familles et à des familles voisines pour apporter quelques compléments aux résultats déjà obtenus.

Pour toutes les plantes étudiées, le matériel à l'état sec a été épuisé par l'acétone, selon une méthode précédemment décrite ([2]). En outre, dans un bon nombre de cas, les extraits acétoniques ont été soumis à la défécation plombique puis repris par l'acétate d'éthyle : ce solvant s'est montré avantageux pour les plantes pauvres en pinitol; il fournit généralement de beaux cristaux.

1. *Caryophyllacées et familles voisines.* — Les recherches ont porté sur les tiges feuillées des 30 Caryophyllacées suivantes récoltées en septembre-octobre (genres classés selon Engler) :

1° Paronychioideæ : *Paronychia Kapela* A. Kern.; *Polycarpon tetraphyllum* L.; *Spergularia rubra* J. et C. Presl.

2° Alsinoideæ : *Stellaria graminea* L.; *S. Holostea* L.; *S. media* Cyrill. (mouron des oiseaux); *Cerastium Biebersteinii* DC.; *C. semidecandrum* L.; *Scleranthus annuus* L.

3° Silenoideæ : *Silene alpestris* Jacq. (*Heliosperma alpestre* Reichb.); *S. Armeria* L.; *S. dichotoma* Ehrh.; *S. inaperta* L.; *S. maritima* With.; *S. nocturna* L.; *S. Regis-Fernandi* Deg. et Urum.; *S. Schafta* Gmel.; *Lychnis divaricata* Reichb. (*Melandrium divaricatum* Fenzl); *L. Flos-cuculi* L.; *Tunica prolifera* Scop.; *Dianthus arenarius* L.; *D. barbatus* L. (œillet de poète); *D. hirtus* Vill.; *D. Noëanus* Boiss.; *D. orbelicus* Panc.; *D. petræus* Waldst. et Kit.; *D. pungens* L.; *D. Seguieri* Chaix; *D. trifasciculatus* Kit.; *Velezia rigida* L.

Le pinitol a été isolé à l'état pur de toutes ces espèces, à l'exception de *Silene alpestris* (où cependant des cristaux incertains ont été vus au microscope dans un extrait). Le *Silene Schafta* qui avait donné un résultat négatif lors des premières recherches a fourni le pinitol sans difficulté grâce à la méthode à l'acétate d'éthyle. Pour le *Stellaria media*, l'extraction a été difficile en raison de la pauvreté en pinitol et de l'abondance de nitrate de potassium (séparation de ces deux substances par sublimation).

En général, les rendements sont faibles : maximum pour *Dianthus arenarius*, 0,60 % sec.

Le pinitol a été également isolé des tiges vertes de *Saponaria officinalis* L. et des fleurs de sa var. *fl. pleno* Hort., des racines, écorces, feuilles et fleurs de plusieurs hybrides horticoles de *Dianthus*. Il se trouve donc dans tous les organes, mais leurs teneurs sont plus faibles que celles des feuilles. Il peut être obtenu pendant toute la durée de la végétation : en novembre, les tiges feuillées de *Stellaria Holostea*, partiellement décolorées, étaient aussi riches qu'en mai; cependant, des feuilles de *Saponaria officinalis* encore bien vertes en novembre en ont fourni beaucoup moins qu'en juillet.

Cette seconde liste porte à 72 espèces (sur 73 examinées) le nombre des Caryophyllacées à pinitol; elles appartiennent à 20 genres répartis dans les trois sous-familles. Aucun autre cyclitol n'y a été décelé jusqu'à maintenant. Les Caryophyllacées présentent ainsi une homogénéité plus remarquable que celle des Conifères et Légumineuses où il existe un bon nombre d'espèces dépourvues de pinitol ou renfermant d'autres cyclitols.

Les mêmes recherches ont été effectuées sur les tiges feuillées des 20 espèces suivantes appartenant à des familles voisines des Caryophyllacées et rangées parmi les Centrospermées et Géraniales :

Chénopodiacées : *Chenopodium album* L.; *C. murale* L.; *Atriplex Halimus* L.; *Kochia prostrata* Schrad. — Amaranthacées : *Celosia cristata* L.; *Amaranthus Blitum* L., *A. patulus* Bertol.; *A. retroflexus* L.; *Iresine Lindeni* Van Houtte — Nyctaginacées : *Oxybaphus viscosus* L'Hérit. — Phytolaccacées : *Phytolacca dioica* L. — Basellacées : *Basella rubra* L.; *Boussingaultia baselloides* H. B. et K. — Oxalidacées : *Oxalis Deppei* Lodd. — Géraniacées : *Geranium ibericum* Cav.; *G. nepalense* Sweet; *G. rotundifolium* L.; *Erodium cicutarium* L'Hérit.; *Pelargonium peltatum* Soland. — Linacées : *Linum grandiflorum* Desf.

Le pinitol a seulement été isolé d'*Oxybaphus viscosus* : il avait déjà été rencontré chez trois autres Nyctaginacées. Les tiges de *Phytolacca americana* L. en ont fourni une petite quantité. Ainsi, les Caryophyllacées se distinguent nettement des plantes de familles voisines où la présence de pinitol reste exceptionnelle.

Quelques autres substances ont été obtenues à l'état cristallisé : une très petite quantité de mannitol à partir du *Dianthus Seguieri* (à ma connaissance, cet itol n'avait pas encore été signalé chez les Caryophyllacées), le saccharose chez *Stellaria Holostea*, *Phytolacca dioica*, les *Geranium*, *Erodium* et *Linum*. Des hétérosides isolés de plusieurs Silenoideæ feront l'objet d'une autre Note. Le nitrate de potassium a cristallisé dans la liqueur acétonique d'épuisement de toutes les Chénopodiacées, Amaranthacées et Basellacées; il est surtout abondant chez les Amaranthacées (déjà signalé par Berthelot, 1884).

2. *Magnoliacées et familles voisines.* — Le pinitol a été isolé des feuilles de *Magnolia Campbelli* Hook. et *M. Kobus* DC. (octobre), ce qui porte à 10 le nombre des espèces de *Magnolia* à pinitol (sur 11 examinées). Il a également été obtenu à partir des fruits verts de *M. parviflora* Sieb. et Zucc. et de ses fruits mûrs, rouges, récoltés en septembre peu avant leur déhiscence. Trois autres Magnoliacées n'ont pas fourni de pinitol : *Liriodendron tulipifera* L., *L. chinense* Sarg., *Schizandra chinensis* Baill. On sait que les rameaux et feuilles des *Liriodendron* renferment du liriodendritol [1] ; ce même cyclitol a été isolé des fleurs de *L. tulipifera*, de ses fruits verts et de ses fruits jaunâtres récoltés en octobre, peu avant leur maturité.

Les mêmes recherches ont été effectuées sur les feuilles des 22 espèces suivantes appartenant à des familles voisines des Magnoliacées et rangées dans le groupe des Ranales (Engler) :

Trochodendracées : *Euptelea Franchetii* Van Tieghem ; *E. polyandra* Sieb. et Zucc. — Cercidiphyllacées : *Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc. — Renonculacées : *Pæonia Moutan* Sims ; *Aquilegia vulgaris* L. ; *Delphinium Requienii* DC. ; *Aconitum Lycoctonum* L. ; *Clematis Vitalba* L. ; *Ranunculus Acer* L. ; *R. repens* L. ; *Thalictrum glaucum* Desf. — Lardizabalacées : *Decaisnea Fargesii* Franch. ; *Holboellia coriacea* Diels. ; *Akebia quinata* Dcne. — Berbéridacées : *Berberis acuminata* Franch. ; *Mahonia Aquifolium* Nutt. — Calycanthacées : *Calycanthus occidentalis* Hook. et Arn. ; *Chimonanthus fragrans* Lindl. — Lauracées : *Persea gratissima* Gaertn. ; *Umbellularia californica* Nutt. ; *Sassafras officinale* Nees ; *Laurus nobilis* L.

Le pinitol n'a été rencontré dans aucune de ces plantes. Jusqu'à maintenant, chez les Ranales, il est donc uniquement localisé dans le genre *Magnolia*. Cela montre une fois de plus que les groupes systématiques caractérisés par la présence de pinitol se trouvent souvent séparés par des familles plus ou moins nombreuses qui en semblent totalement dépourvues : ce mode de répartition conserve au pinitol toute sa valeur de caractère chimique pour la recherche des unités phylogénétiques.

Le saccharose a été isolé à l'état cristallisé des feuilles de toutes les espèces examinées, excepté les *Schizandra*, *Persea*, *Umbellularia*. Le *Persea* a fourni une faible quantité de perséitol. Le *Schizandra* a été remarqué par son mucilage, l'*Umbellularia* par son essence à odeur forte et irritante.

En résumé, le *d*-pinitol a été isolé de 29 espèces de Caryophyllacées (sur 30 examinées), d'une Nyctaginacée (*Oxybaphus*), de deux Magnoliacées (*Magnolia*). De nombreuses plantes de familles voisines en sont dépourvues. Le mannitol a été rencontré chez une Caryophyllacée (*Dianthus*).

(¹) V. PLOUVIER, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1678; 242, 1956, p. 2389.
(²) V. PLOUVIER, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1842; 227, 1948, p. 85.
(³) V. PLOUVIER, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 765.

ENDOCRINOLOGIE. — *Détermination du rapport glucagon/insuline chez le Canard.* Note de M. **PIERRE MIALHE**, présentée par M. Robert Courrier.

Chez le Canard, le pancréas sécrète du glucagon et de l'insuline dans un rapport qui varie entre certaines limites (2 et 16); une injection intraveineuse de glucose provoque une hypersécrétion momentanée d'insuline.

Faute de glucagon, la production de glucose est insuffisante chez le Canard pancréatectomisé pour que la glycémie reste normale pendant le jeûne (¹); d'autre part, l'hyperglycémie que provoquent l'absorption de nourriture (²) ou l'injection de glucose montrent qu'il est diabétique et manque d'insuline. La régulation de la glycémie nécessite donc deux hormones pancréatiques chez le Canard. Nous avons essayé de préciser les modalités de leur sécrétion et, notamment, les deux points suivants : d'une part, le rapport dans lequel le glucagon et l'insuline assurent une glycémie normale chez l'animal à jeûn (rapport G/I) et, d'autre part, la quantité d'insuline nécessaire pour que la tolérance au glucose soit normale. On peut en effet concevoir qu'une sécrétion constante d'insuline suffise à assurer une tolérance normale, ou, au contraire, qu'un apport exogène de glucose provoque une hypersécrétion momentanée d'insuline; différents auteurs, notamment Soskin (³), ont envisagé ces deux possibilités chez les Mammifères, mais sans tenir compte de la sécrétion de glucagon, dont on ne connaît pas l'importance chez ces animaux.

Seize canards et canes Kaki-Campbell ont été traités par le glucagon et l'insuline pendant des périodes de 10 à 36 h. Les expériences de longue durée donnent les résultats les plus caractéristiques; les traitements de 10 h les confirment, mais ne permettent pas d'observer les variations du rapport G/I. On donne 0,05 U/kg d'insuline toutes les 2 h, par la voie intramusculaire (I. M.); le glucagon est injecté I. M., en quantités variables, toutes les 2 h ou toutes les heures. La glycémie est déterminée toutes les heures; le résultat de chaque dosage permet de prévoir la dose de glucagon à injecter à l'heure suivante, pour que la glycémie reste normale. Le rapport G/I est égal au rapport en poids des doses de glucagon et d'insuline injectées en 2 h (⁴).

1. *Diminution du rapport* G/I *de 1 à 36 h après la pancréatectomie.* — On suit la chute de la glycémie pendant 2 à 4 h, pour s'assurer que la pancréatectomie est totale; puis on commence les injections, à raison de 100 µg/kg de glucagon (dose souvent insuffisante pendant les premières

heures) pour 2,5 μg/kg d'insuline (0,05 U). La dose de glucagon nécessaire diminue progressivement et atteint 7,5 à 20 μg au bout de 30 à 36 h. Nous expliquerons dans un prochain travail la nécessité de doses élevées de glucagon pendant les premières heures par une déficience hypophysaire passagère. Le rapport G/I passe donc de 40 à une valeur comprise entre 3 et 8.

La courbe 1 représente l'évolution de la glycémie de la ♀ n° 148; à partir de 30 h, une injection de 15 μg de glucagon fait monter la glycémie et le rapport devient inférieur à 6. Le même animal est ensuite traité pendant 10 h, le 3ᵉ et le 4ᵉ jour après l'opération. On voit que, pour 10 μg de glucagon, la glycémie reste normale, alors qu'elle monte quand on injecte 15 μg. Le rapport G/I est donc égal à 4 pendant ces deux périodes.

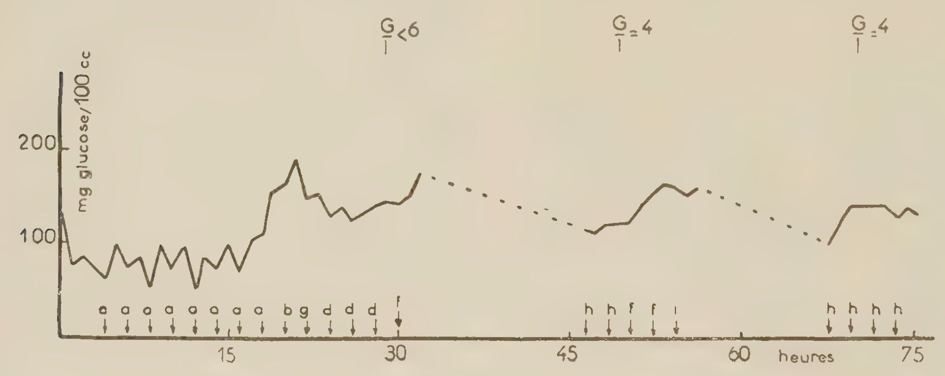


Fig. 1. — ♀ n° 148. Évolution de la glycémie et du rapport G/I de 1 à 76 h après l'opération. Chaque flèche correspond à une injection I. M. de 0,05 U d'insuline, accompagnée des quantités de glucagon indiquées par les lettres suivantes : *a*, 100 μg; *b*, 50 μg; *c*, 25 μg; *d*, 20 μg; *e*, 17,5 μg; *f*, 15 μg; *g*, 12,5 μg; *h*, 10 μg; *i*, 5 μg; *j*, 2,5 μg; *k*, 0 μg.

2. *Le rapport* G/I *au-delà de* 48 h *après l'opération.* — L'équilibre qui s'est établi en 36 à 48 h se maintient par la suite, mais il subit certaines variations. Quatre canards ont été maintenus en vie par le glucose pendant 48 h, puis traités par le glucagon et l'insuline pendant deux périodes de 36 h (la première commençant le 3ᵉ jour après l'opération et la deuxième, 7 à 17 jours plus tard). Les valeurs de G/I trouvées pour ces animaux sont données par le tableau.

	Valeurs de G/I.			Valeurs de G/I.	
N°	1ʳᵉ période.	2ᵉ période.	N°	1ʳᵉ période.	2ᵉ période.
245.....	6 à 8	≧ 16	273.......	4, puis 2	3 à 8
253.....	6 à 8	4 à 6, puis > 6	276.......	8	8, puis 6

Le rapport peut donc varier de 2 à 16 d'un animal à l'autre; il n'est pas constant chez un même animal, mais varie dans des limites plus étroites. La courbe 2 montre les variations de la glycémie et du rapport G/I

chez le Canard n° 273. Les facteurs responsables des variations du rapport G/I sont probablement multiples : variations du taux de sécrétion des hormones hypophysaires et corticosurrénales, état du foie, ou variations de la consommation de glucose par les tissus et de l'excrétion du glucose.

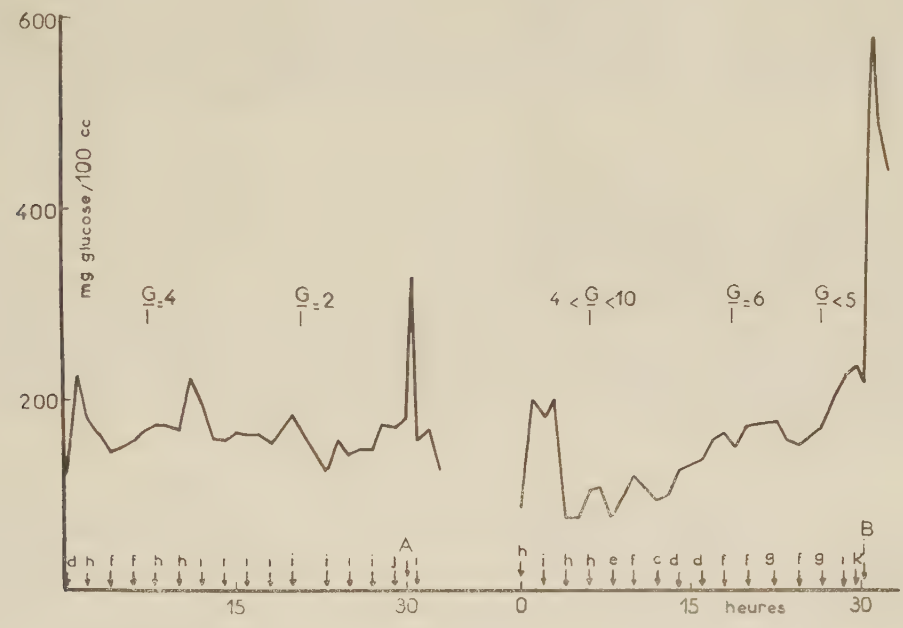


Fig. 2. — ♂ n° 273, suivi pendant deux périodes de 36 h, le 3ᵉ et le 16ᵉ jours après l'opération. Les notations sont les mêmes que pour la figure 1. Les injections I.V. de glucose et insuline sont indiquées par : A, 1,75 g de glucose par kilogramme, plus 0,3 U par kilogramme d'insuline; B, 1,75 g glucose par kilogramme.

3. *La tolérance au glucose.* — Les animaux des deux groupes ont été soumis à des tests de tolérance au glucose; la courbe de tolérance n'est normale que si l'on injecte en même temps que le glucose 0,2 à 0,4 U/kg I. V. d'insuline. Sur la courbe 2 sont représentés les tests pratiqués sur le Canard n° 273 après 30 h de traitement au glucagon et à l'insuline, pendant lesquelles la glycémie est restée presque constamment dans les limites normales. Dans le premier test, la tolérance est normale : on a injecté, en même temps que le glucose, 0,3 U/kg d'insuline I. V. La deuxième réponse est de type diabétique : on a seulement continué pendant le test les injections I. M. de glucagon et d'insuline.

Avant d'appliquer ces faits aux modalités de sécrétion du pancréas, il faut faire certaines réserves : il aurait été préférable d'injecter les deux hormones dans la veine pancréatico-duodénale, en injection continue; les quantités absolues d'hormones auraient certainement été diminuées, le rapport aurait pu également être modifié. D'autre part, les hormones

employées ne sont pas pures; les chiffres que nous donnons ne représentent que des valeurs approximatives du rapport G/I. Enfin, on aurait intérêt à prolonger les expériences.

Compte tenu de ces réserves, il semble que, pendant le jeûne, le pancréas du Canard sécrète du glucagon et de l'insuline dans un rapport compris entre 2 et 16, suivant les sujets; chez un même animal, ce rapport varie également, avec le temps, mais dans des proportions plus faibles. D'autre part, une injection de glucose provoque une hypersécrétion momentanée d'insuline; pour 1,75 g de glucose, elle est de l'ordre de 0,2 à 0,4 U d'insuline.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1851.

(2) *J. Physiol.* (Paris), 48, 1956, p. 647.

(3) *Brookhaven Symposia in Biology*, n° 5.

(4) Il a été calculé d'après les données suivantes : nous avons utilisé du glucagon Lilly, envoyé par le Docteur W. W. Bromer (glucagon amorphe, lot n° 208-211 B-197, d'une pureté de 50 %; glucagon cristallisé, lot n° 258-234 B-54-2); pour calculer le rapport, nous avons divisé par 2 les quantités utilisées de glucagon du premier lot. L'insuline Roussel contient environ 20 U/mg.

BIOLOGIE. — *Formation de sulfite, d'acide cystéique et de taurine à partir de sulfate par l'embryon de poulet.* Note (*) de MM. **François Chapeville** et **Pierre Fromageot**, présentée par M. Robert Courrier.

On montre dans la présente Note que la formation de la taurine à partir de sulfate par l'embryon de poulet, implique la réduction du sulfate en sulfite et la synthèse de l'acide cystéique. Le jaune accompagné du sac vitellin est responsable de ces réactions.

La taurine est l'acide aminé soufré dont la concentration à l'état libre est la plus élevée chez l'embryon de poulet. Cette taurine se forme par dégradation oxydative de la cystéine ou de la cystine (1), (2) et par synthèse à partir du sulfate (3). Si les principales étapes intermédiaires qui conduisent chez l'embryon de poulet, de la cystine à la taurine sont actuellement connues (2), on n'avait pas d'indication sur le mécanisme de sa synthèse à partir du sulfate. Dans la présente Note, on étudie les modalités de la synthèse par l'œuf embryonné âgé de 17 jours, de la taurine à partir du sulfate, *in vivo* et *in vitro* et l'on démontre qu'il y a d'abord réduction du sulfate en sulfite, incorporation du sulfite à une molécule organique pour former de l'acide cystéique, ultérieurement décarboxylé en taurine.

1° Réduction du sulfate en sulfite. — *a. In vivo.* — On introduit par injection intraveineuse du sulfate ^{35}S (600 μc dans 0,6 ml) dans un embryon vivant et 400 mg de SO_3Na_2 ordinaire. On congèle dans l'azote liquide, broie à 0° dans 50 ml NaOH 0,1 M saturé de ClNa, centrifuge à 0°, pendant 1 h, à 40 000 g et

précipite du surnageant le sulfate et le sulfite par l'acétate de baryum à 10 %. Le précipité est décomposé à 70° par l'acide phosphorique dilué au 1/3 et le SO_2 est recueilli dans 20 ml d'alcool sodique à 5 %. Le sulfite de sodium cristallise. La radioactivité totale correspond à 300 000 ipm, soit environ 3 μc. Une expérience utilisant un œuf bouilli conduit dans les mêmes conditions à 500 ipm. Que la radioactivité mesurée correspond bien à du sulfite ^{35}S est établie par :

— Redistillation du précipité alcoolique en présence d'acide phosphorique.

— Réduction spécifique du sulfite en sulfure ^{35}S par le zinc en milieu chlorhydrique ([4]).

— Préparation de l'acide cystéine thiosulfonique ^{35}S ([5]).

b. In vitro. — Les tentatives pour reprendre *in vitro* cette réduction soit avec un homogénat d'embryon, soit avec des tranches d'organes ont été vaines.

Par contre, le jaune et son sac vitellin homogénéisés, réduisent *in vitro* le sulfate en sulfite. On prend : jaune : 12 g, H_2O : 6 ml, $^{35}SO_4Na_2$: 2 mg (400 μc, soit 40.10^6 ipm). On incube 10 mn à 37° sous azote pur. On ajoute 50 mg de SO_3Na_2 ordinaire et 3 ml de PO_4H_3 pur. On recueille et met en évidence le sulfite ^{35}S comme plus haut. On retrouve sous forme de $^{35}SO_3^{--}$: 18 800 ipm. Un témoin bouilli conduit à 330 ipm. Un jaune d'œuf frais s'avère, comme le témoin, incapable d'assurer la réduction du sulfate en sulfite.

2° Formation de l'acide cystéique ^{35}S et de taurine ^{35}S *in vivo* a partir de sulfite ^{35}S. — *a. In vivo.* — On introduit dans un embryon 50 μc de $^{35}SO_3Na_2$ (5 mg) par voie intraveineuse et 10 mn après, 4 mg d'acide cystéique; on sacrifie l'animal et isole la taurine et l'acide cystéique. Ces substances sont radioactives avec les activités spécifiques suivantes : acide cystéique : 1 230 ipm/mg, taurine : 1 020 ipm/mg.

b. In vitro. — Un homogénat d'embryon ou des tranches d'organes, incubés avec du sulfite ^{35}S ne permettent pas d'observer la formation d'acide cystéique ^{35}S ou de taurine ^{35}S. Au contraire, un mélange d'homogénat d'embryon et de jaune, ou le jaune seul, incubés avec du sulfite ^{35}S, utilisent ce sulfite pour la synthèse de ces acides aminés soufrés. Par exemple, on incube à 37°, 21 μc de $^{35}SO_3Na_2$ (3 mg) avec 12 g de jaune et 4 ml d'eau distillée, sous azote pendant 2 h. On isole l'acide cystéique ^{35}S et la taurine ^{35}S formés; calculé en pourcentage de radioactivité par rapport à celle présente dans l'extrait aqueux brut, on retrouve sous forme d'acide cystéique 59,6 % et sous forme de taurine 12,6 %. Des expériences antérieures ([2]) ont montré que l'acide cystéique est décarboxylé *in vivo* comme *in vitro*, par l'embryon de poulet. L'acide cystéique est donc un précurseur de la taurine. En aucun cas, il n'a été possible d'isoler de l'acide cystéinesulfinique ^{35}S ou de l'hypotaurine ^{35}S. De plus, l'addition d'acide cystéique non marqué (concentration 8.10^{-3} M) dans un essai *in vitro*, conduit à la diminution par un facteur 10

de la radioactivité spécifique de la taurine isolée. L'hydrazide de l'acide isonicotinique à la concentration de 5.10^{-2} M inhibe complètement la formation de la taurine, alors que la synthèse de l'acide cystéique persiste. Enfin, l'acide cystéinesulfinique introduit dans le milieu réactionnel (concentration 8.10^{-3} M) n'affecte en rien la synthèse de l'acide cystéique, mais bloque presque totalement sa décarboxylation en taurine, ce qui confirme l'hypothèse [2] que l'acide cystéique décarboxylase est un enzyme distinct de l'acide cystéinesulfinique décarboxylase, chez le poulet. Ces résultats montrent que l'acide cystéique est non seulement un précurseur mais le seul précurseur important de la taurine, lors de sa formation à partir du sulfite.

De plus, il est très peu probable qu'il existe une autre chaîne importante de réactions conduisant du sulfate à la taurine. En effet, on réalise les deux expériences parallèles suivantes : I : 7 g de jaune d'œuf embryonné âgé de 17 jours, 3 ml d'eau, 2 mg de $^{35}SONa_2$ (100 μc); II : semblable à I, mais addition de 20 mg de SO_4Na_2 ordinaire. On incube à 38° sous azote pendant 2 h. On extrait l'acide cystéique et la taurine formés. Leur radioactivité rapportée à la radioactivité totale de l'extrait aqueux initial est donnée par le tableau suivant :

	Acide cystéique.	Taurine.	Rapport.
Essai I (sans sulfate).........	54%	15%	28
Essai II (avec sulfate).........	42.5%	9.7%	23.5

La diminution de la radioactivité correspondant à la taurine est accompagnée d'une diminution de l'acide cystéique synthétisé à partir du sulfite, ce qui doit être attribué à une légère perturbation du métabolisme en présence du sulfate. Le rapport taurine/acide cystéique reste néanmoins presque inchangé.

3° Formation de l'acide cystéique ^{35}S et de taurine ^{35}S *in vivo* à partir de sulfate ^{35}S. — Ayant démontré que l'embryon pouvait transformer le sulfate en sulfite d'une part, le sulfite en acide cystéique et taurine d'autre part, on peut s'attendre à l'utilisation directe de sulfate pour la synthèse de ces acides aminés. Pour le vérifier, on injecte à un embryon vivant 300 μc de sulfate ^{35}S sans entraîneur, mélangés soit avec 10 mg d'acide cystéique, soit avec 10 mg d'acide cystéinesulfinique. 5 mn après la fin de l'injection, on sacrifie l'embryon, isole et purifie l'acide cystéinesulfinique, l'acide cystéique et la taurine et en prépare les dérivés dinitrophénylés [6], on observe alors que seuls l'acide cystéique et la taurine sont radioactifs. Les activités spécifiques sont : 13 850 ipm/mg pour l'acide cystéique et 8 370 ipm/mg pour la taurine dans le cas d'injection d'acide cystéique entraîneur et 28 200 ipm/mg de taurine dans le cas d'injection d'acide cystéinesulfinique. L'embryon transformant l'acide cystéinesulfinique en acide cystéique [2], l'activité spécifique de l'acide cystéique isolé dans le dernier essai n'est pas donnée.

Ainsi la réduction du sulfate en sulfite apparaît chez l'embryon de poulet comme une étape nécessaire à la synthèse des aminoacides soufrés.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

([1]) L. J. Machlin, L. Struglia et P. B. Pearson, *Arch. Biochem. Biophys.*, 59, 1955, p. 326.

([2]) F. Chapeville et P. Fromageot, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 38, 1956, p. 1143.

([3]) L. J. Machlin, *Fed. Proc.*, 13, 1954, p. 466.

([4]) P. Fromageot et H. Perez-Milan, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1061.

([5]) H. T. Clarke, *J. Biol. Chem.*, 97, 1932, p. 235.

([6]) P. Fromageot, F. Chapeville et L. Petit, *Biochim. Biophys. Acta.* (sous presse)

BIOLOGIE. — *Sur le déterminisme de la construction des cellules de mâles chez les Abeilles*. Note de MM. **Roger Darchen**, **Claude Vizier** et **Maurice Vuillaume**, présentée par M. Robert Courrier.

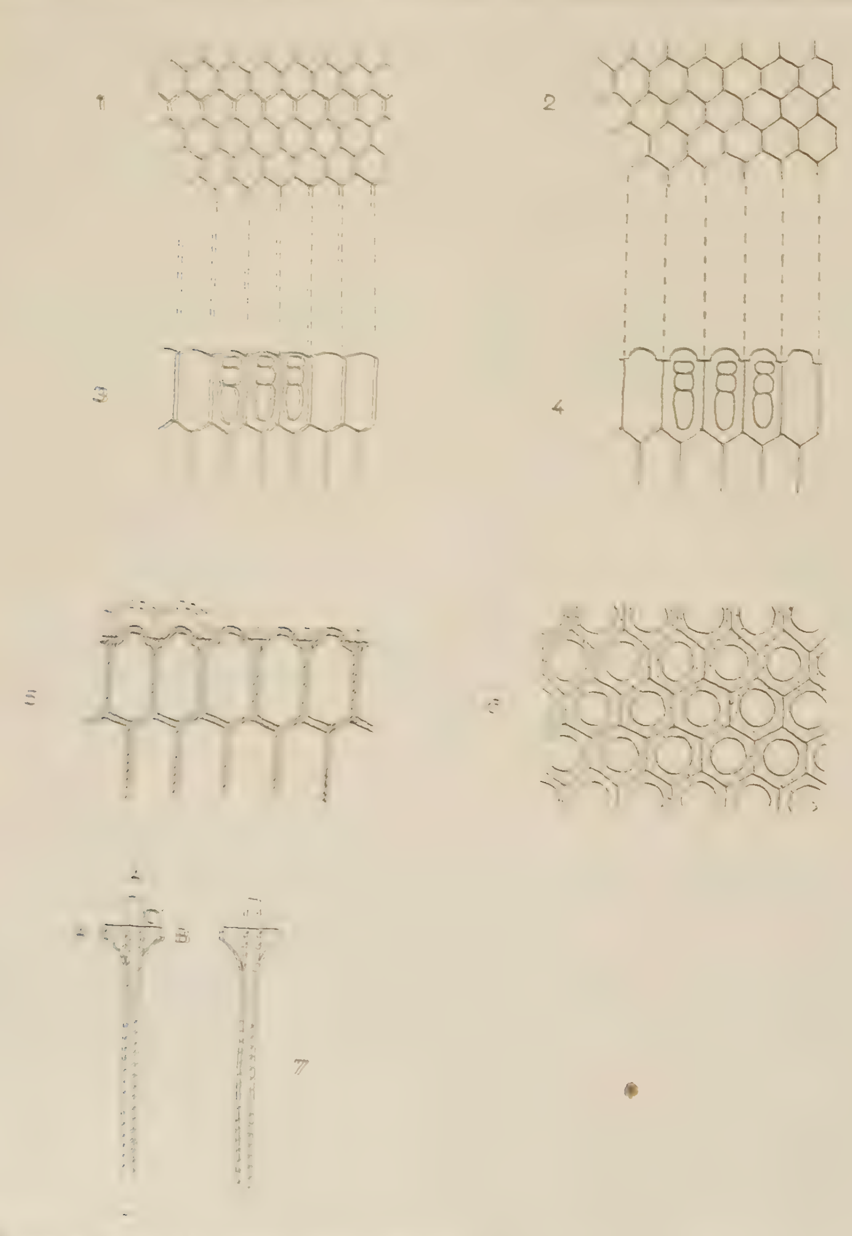
Le déterminisme de la construction des cellules royales chez les Abeilles a déjà été étudié par plusieurs auteurs [C. G. Butler ([1]), M. Vuillaume ([2])]. Mais il n'existe par contre que fort peu de travaux qui s'intéressent aux cellules de mâles.

On sait qu'au printemps, et aussi quand la reine, vieillie, a épuisé sa provision de spermatozoïdes, des œufs non fécondés, qui donnent des mâles, sont pondus dans des alvéoles élargis : ou ces alvéoles sont construits d'emblée par les ouvrières, ou ils proviennent d'alvéoles d'ouvrières élargis; comme l'a vu H. Gontarski ([3]), les abeilles inclinent alors la cloison des cellules de manières variées pour obtenir une logette plus spacieuse, et la recouvrent, avant la nymphose, d'un opercule bombé d'une forme très spéciale. Or, nous avons constaté, par un artifice expérimental assez simple que des cellules de mâle pouvaient être reconverties en cellules pour ouvrières.

Transformation des cellules de mâles en cellules pour ouvrières. — Lorsqu'on introduit une jeune reine fécondée dans une ruche garnie uniquement de cellules de mâles, une très grande partie des alvéoles sont transformés en cellules d'ouvrières, d'une manière très particulière. Les abeilles raccourcissent alors la partie la plus externe des cellules, en élargissant les bords, ce qui forme un anneau épais, sorte d'opercule incomplet, autour de l'orifice; elles ferment ces cellules, au moment de la nymphose, par un petit opercule bombé, dont la présence s'explique facilement, car il allonge sensiblement la cellule qui avait été raccourcie et permet à la nymphe de loger sa tête dans le creux de l'opercule. On voit sur la figure 7 que la cire de OA′ a servi à construire les parties OA et OB; corrélativement, CA′ = 14,6 mm pour des cellules normales de mâles et d'ouvrières et 10,9 mm pour ces cellules modifiées.

Cette modification est très rapide, et survient, comme nous avons pu nous en rendre compte, même avant que la reine ait pondu. *Ce n'est donc*

[illegible] la présence d'une larve [illegible] d'ouvrière *dans une cellule trop grande qui* [illegible] *l'orifice, mais la présence de la* [illegible] agissent aussi sur le comportement des ouvrières. Les quelques mensurations faites sur la longueur de l'aile antérieure et du fémur postérieur d'abeilles nées dans les cellules de mâles modifiées ne



1 et 3, vue en coupe et en plan de cellules d'ouvrières, avec nymphes en place; 2 et 4, vue en coupe et en plan de cellules de mâles; 5 et 6, vue en coupe et en plan de cellules de mâles transformées en cellules d'ouvrières. On a [illegible] supérieur de la cellule de mâle [illegible] des cloisons des cellules, pour [illegible] larves d'ouvrières.

donnent aucune différence avec les abeilles nées de la même reine dans des cellules d'ouvrières normales. Nous sommes donc en contradiction avec A. S. Michailoff [illegible] qui a fait pondre également des reines dans des cellules de mâles et trouve une augmentation notable (quoique très variable) de la longueur de l'aile antérieure; il est vrai que la reine de Michailoff était âgée de trois ans et il ne semble pas que les abeilles aient alors sensiblement modifié les cellules de mâles. Dans les mêmes conditions, von Berlepsch note que l'opercule des ouvrières élevées dans les cellules de mâles était plat, alors que nous le trouvons bombé (mais d'une forme intermédiaire entre celle de l'opercule de mâle et de l'opercule d'ouvrière). Nous manquons de détails sur les conditions précises où s'est placé von Berlepsch [5].

Le bourrelet placé par les ouvrières à l'orifice des cellules rappelle certaines observations de K. Freudenstein [illegible] qui furent passablement controversées. Il avait noté que les abeilles rétrécissent par un bourrelet spécial (« Befrüchtungsring ») l'orifice des cellules royales un peu avant que la reine ne vienne y pondre, comme pour le ramener à la taille des cellules d'ouvrières. Freudenstein admettait ainsi avec beaucoup d'autres que la taille de l'orifice cellulaire conditionnait, par action réflexe sur les voies génitales de la femelle, la fécondation ou la non fécondation de l'œuf. Toutefois à la lumière de très nombreuses observations (celles de Michailoff et bien d'autres), où à la suite d'interventions expérimentales diverses, les reines pondent des œufs d'ouvrières dans des cellules de mâles ou dans des cellules fort élargies, il nous paraît que le mécanisme qui relie la taille de la cellule à la fécondation de l'œuf n'est pas *toujours* le seul et qu'il doit pouvoir être suppléé par d'autres, fort différents.

Transformation de cellules d'ouvrières en cellules de mâles. — Nous n'avons pas encore exécuté suffisamment d'expériences dans cette deuxième direction. Il nous semble toutefois que le passage de cellules de mâles à cellules d'ouvrières est beaucoup plus lent que dans le sens contraire. La présence de la reine tend à inhiber dans certains cas l'apparition des mâles : F. N. Kovtun [7] introduit par divers artifices plusieurs reines fécondes ensemble et sans séparation dans une ruche, et parvient à les y faire vivre côte à côte; dans ces conditions, il ne voit plus apparaître de mâles. Lorsque ceux-ci sont procréés en grand nombre, à la fin du printemps, cela provient peut-être de ce que l'ectohormone royale est diluée dans une population trop nombreuse [J. Pain [8]]; une dilution ultérieure, lorsque la population augmente encore, provoquerait l'apparition des cellules royales.

En résumé, l'âge et la fécondité de la reine gouvernent chez les Abeilles l'apparition des cellules de mâles, la transformation des cellules de mâles en cellules d'ouvrières et la transformation inverse.

(1) *Bee World*, 35, 1954, p. 169-176.
(2) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 185, 562.
(3) *Z. vergl. Physiol.*, 21, 1934, p. 681-598.
(4) *Arch. Bienenk.*, 1927, p. 313.
(5) *Die Biene und ihre Zucht mit beweglicher Waben*, 3 Aufl., Schneider Verl., 1873.
(6) *Neue Bienenzeit.*, 31, 1932.
(7) *Pschelovodstvo*, 9, 1949, p. 28-30.
(8) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 670.

GÉNÉTIQUE. — *Comportement héréditaire du rufisme chez les Oniscoïdes :* Porcellio dilatatus *Br. et* Haplophthalmus danicus *B. L.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Louis Fage.

1. Mutation *rubra* de *Porcellio dilatatus* Brandt. — Elle se caractérise par une belle coloration orange des tergites, orange-pâle des sternites et des appendices. Les yeux sont rubis, très clair chez les jeunes, plus sombre chez les adultes.

Cette mutation est apparue en 1954 dans mes élevages, par croisement de deux individus d'aspect sauvage recueillis dans une cave à Poitiers. La portée, de 13 pulli, comprenait 6 ♂ et 7 ♀ avec la répartition suivante : ♂, 1 *rubra* + 5 sauvages; ♀, 2 *rubra* + 5 sauvages.

Il pouvait donc s'agir du croisement de deux hybrides (chiffres théoriques : 3,25 et 9,75).

a. Croisement pur. — Les ♀ *rubra* ont été croisées avec leur frère de même phénotype. La première a donné en 1955-1956 six portées de 125 individus, tous *rubra*. La deuxième a donné dans la même période quatre portées de 112 individus, également tous *rubra*.

b. Croisement en retour. — Une ♀ *rubra* a été croisée avec le ♂ d'aspect sauvage père de la première portée, considéré comme hybride. Elle a donné en tout trois portées de 18 pulli qui se répartissent ainsi :

♂, 5 *rubra* + 5 sauvages; ♀, 4 *rubra* + 4 sauvages, ce qui correspond exactement aux proportions théoriques d'un croisement en retour.

c. Croisement entre hybrides. — 4 ♀ d'aspect sauvage, issues de la portée de 1954 ont été croisées avec leurs frères de même phénotype (F_2). Deux de ces croisements n'ont donné naissance qu'à des individus d'aspect sauvage et la F_3 n'a également comporté que des individus d'aspect sauvage. Il s'agissait donc d'individus sauvages purs. Par contre, les deux autres ♀ ont donné naissance, l'une à 127, l'autre à 54 pulli, se répartissant ainsi :

rubra : 29 + 8; sauvages : 98 + 46, ce qui correspond sensiblement aux nombres théoriques d'un croisement de monohybridisme (45 et 136).

Le caractère *rubra* de *Porcellio dilatatus* dépend donc d'un gène auto-

somique *rubrum* (symbole *r*) récessif par rapport à un allèle $+^r$ dont dépend la pigmentation noire du corps et des yeux.

2. MUTATION *rufocellata* D'*Haplophthalmus danicus*. — Les espèces de genre *Haplophthalmus* présentent une dépigmentation presque complète, sauf au niveau des deux ocelles qui sont normalement noirs. Il existe cependant des vestiges d'un réseau pigmentaire tergal sous forme de quelques chromatophores noirs chez *H. danicus*.

J'ai décrit en 1954 (1) une variété d'*Haplophthalmus danicus*, en provenance de l'Ile d'Aix et de Fouras (Charente-Maritime), caractérisée par la couleur rouge de ses deux ocelles. Le reste du corps est translucide, avec parfois quelques traces de chromatophores rougeâtres.

Le point de départ de cette étude du comportement héréditaire de la variété *rufocellata* a consisté à croiser 2 ♀ d'aspect sauvage avec des ♂ *rufocellata*. Ces ♀ ont engendré l'une, 5 pulli : 2 ♂ (1 *rufocellata* + 1 sauvage); 3 ♀ (1 *rufocellata* + 2 sauvages), la deuxième 9 pulli : 6 ♂ (3 *rufocellata* + 3 sauvages); 3 ♀ (2 *rufocellata* + 1 sauvage). Il devait donc s'agir de 2 ♀ hybrides et les chiffres obtenus semblaient correspondre à un croisement en retour.

a. Croisement pur. — 2 ♀ *rufocellata* croisées avec 1 ♂ de même phénotype ont engendré, la première 4 pulli, la deuxième 3 pulli, tous de phénotype *rufocellata*.

b. Croisement entre hybrides. — Une ♀ d'aspect sauvage issue de la première portée a été croisée avec son frère de même phénotype. Elle a engendré 8 pulli, dont 2 *rufocellata* et 6 sauvages, ce qui correspond aux chiffres d'un croisement de monohybridisme.

c. Croisement en retour. — Parmi les individus issus des portées originelles 4 ♀ d'aspect sauvage ont été croisées avec des ♂ *rufocellata* et 1 ♀ *rufocellata* a été croisée avec 1 ♂ d'aspect sauvage.

Les 41 pulli obtenus se répartissent :

♀.	*Rufocellata.*	Sauvage1.
$♀_1$	13	13
$♀_2$	2	2
$♀_3$	3	2
$♀_4$	2	2
$♀_5$	1	1
TOTAUX	21	20

Ceci correspond bien aux nombres d'un croisement en retour.

Le caractère *rufocellata d'Haplophthalmus danicus* dépend donc d'un gène autosomique que je désignerai par le terme *rubrum* et le symbole *r*, récessif par rapport à un allèle $+^r$ dont dépend la pigmentation noire des ocelles.

De même que le pigment rouge orangé de la mutation *rubra* de *Porcellio dilatatus*, le pigment rouge des ocelles d'*Haplophthalmus danicus rufocellatus* n'est pas soluble dans l'alcool : il doit s'agir, dans l'un et l'autre cas, d'une même étape intermédiaire de la pigmentogénèse normale.

Il est remarquable de constater que les mutations connues chez deux espèces du genre *Armadillidium : A. nasatum* B. L. et *A. vulgare* Lat. sont des mutations dominantes, tandis que la mutation *rubra* de *Jæra marina* est récessive comme celles de *Porcellio dilatatus* et d'*Haplophthalmus danicus*.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

RADIOBIOLOGIE. — *L'emploi des résines échangeuses d'ions en cas de contamination interne par des radioéléments.* Note (*) de MM. **Georges Michon** et **Lucien Jeanmaire**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Les résines échangeuses d'ions administrées per os, après l'ingestion d'un radioélément, retiennent une partie de celui-ci dans le tube digestif et diminuent d'autant la fixation dans l'organe critique.

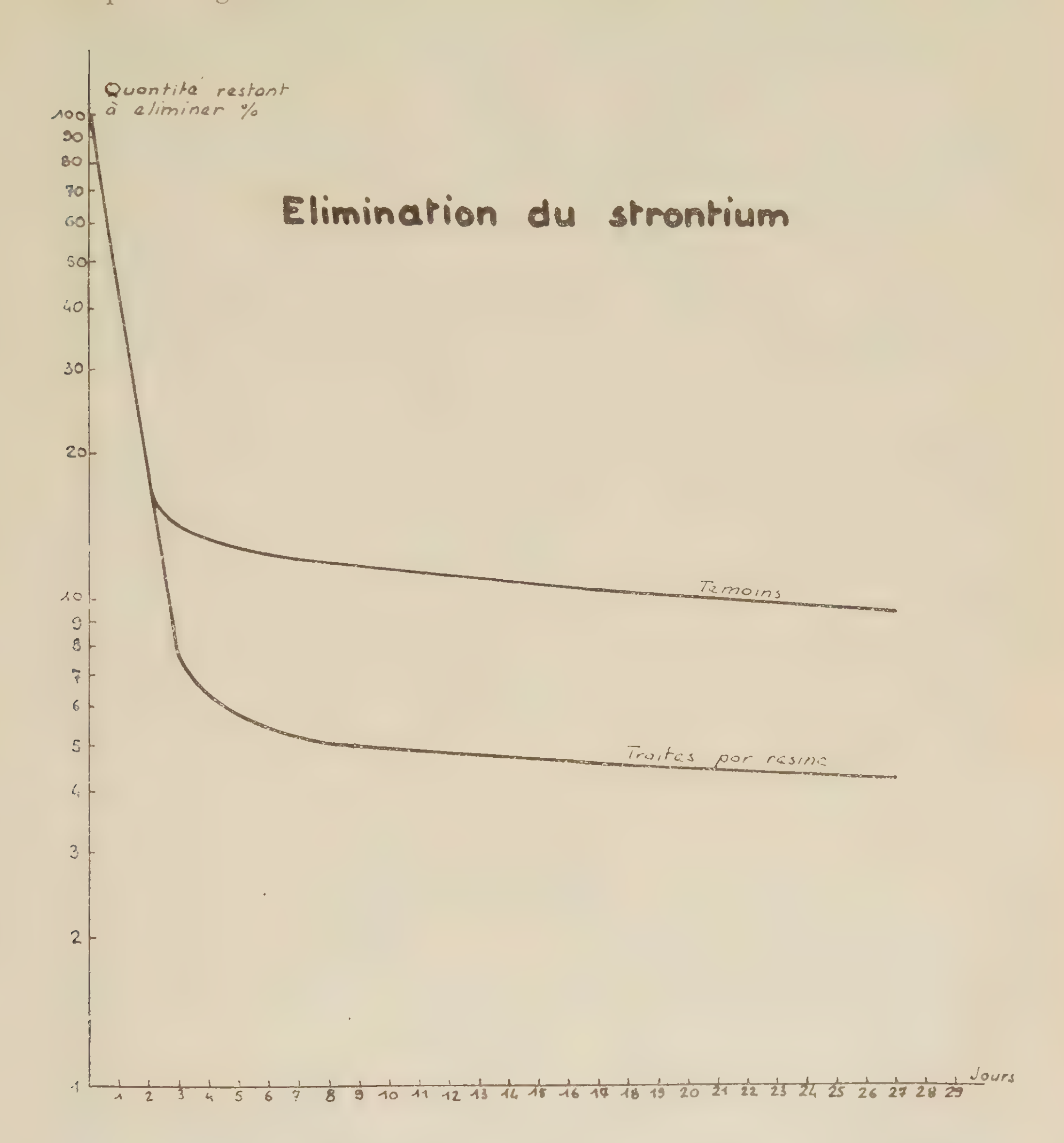
L'absorption digestive est l'une des voies les plus courantes de la contamination accidentelle des individus. Il importe d'essayer de diminuer ce risque. On peut y parvenir de nombreuses manières : soit en essayant de modifier le métabolisme, soit en essayant plus précocement de diminuer l'absorption intestinale. C'est vers cette deuxième voie que nous nous sommes orientés.

Le radioélément choisi est le ^{90}Sr qui, parmi les produits de fission, est l'un des plus dangereux. L'expérimentation a été conduite sur des rats mâles adultes de souche Wistar, soumis à un jeûne préalable de 24 h avec eau à volonté. A l'aide d'une aiguille hypodermique recourbée introduite dans l'œsophage par voie pharyngée, on administre à chaque animal 0,2 ml d'une solution chlorhydrique 0,1 N de ^{90}Sr + ^{90}Y sans entraîneur, d'activité 3,5 mc/ml. Dans les minutes qui suivent cette ingestion, on administre, à l'aide d'une sonde allant jusque dans l'estomac, une suspension de résine cationique finement broyée.

Les animaux, groupés par lots, sont conservés pendant un mois dans des cages permettant de récolter urines et fèces. Tous les jours on recueille les excrétas et l'on mesure leur activité en ^{90}Sr. A la fin du mois les animaux sont sacrifiés et la radioactivité de différents tissus est mesurée.

Le graphique I montre que les animaux traités éliminent davantage de ^{90}Sr dans les premiers jours que les animaux témoins ayant absorbé

du ^{90}Sr mais n'ayant pas reçu de résine. Par la suite, les courbes d'élimination sont parallèles. On peut en déduire que l'absorption de résine ne modifie pas le métabolisme du strontium, mais diminue seulement son absorption digestive.



L'examen des prélèvements de tissus effectués au bout de 30 jours montre que le strontium est fixé dans les os, comme cela est d'ailleurs bien connu. Nous avons cependant observé une très faible activité du muscle mais qui ne nous a pas permis de caractériser le strontium; quant aux autres organes, ils ne présentent aucune activité décelable.

L'examen du tableau montre que la fixation du ^{90}Sr au niveau de

l'os se trouve fortement diminuée par l'administration de résine. D'autres études sont en cours :

— d'une part pour essayer d'augmenter l'efficacité du procédé par le choix de résines ou de mélanges de résines mieux adaptées;

— d'autre part, pour connaître le temps disponible entre l'ingestion de strontium et l'administration de résines sans nuire à l'efficacité de celles-ci.

L'intérêt d'un tel traitement réside dans son application facile, son absence de danger et le fait qu'il n'entraîne aucune contre-indication pour une action ultérieure éventuelle sur le métabolisme.

Nature de la résine.	Quantité de résine (mg).	Forme.	Nombre d'animaux.	Activité moyenne du squelette le 30e jour (coups/mn).
Témoins sans résine :			6	13 500
Permutite 50	250	Cycle Na et K dans le rapport plasmatique en suspension aqueuse (*)	5	3 500
Témoins sans résine :			6	15 000
Permutite 50	350	Cycle Na et K dans le rapport plasmatique en suspension aqueuse	5	4 300
Permutite 50	350	*Idem*	5	3 900
Témoins sans résine :			6	23 700
Permutite 50	350	Cycle H^- en suspension aqueuse	5	13 100
Permutite 50	350	Cycle H^- en suspension HCl 0,1 N	6	3 200
Polyphénolique polycarboxylique	350	Cycle H^- en suspension aqueuse	6	8 200
Polyphénolique polycarboxylique	350	Cycle H^- en suspension dans sérum physiologique	6	4 300

(*) La résine est saturée en Na et K au moyen d'une solution qui contient 130 méquiv de Na par litre et 5 méquiv de K.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le métabolisme du carbone dans la chimioautotrophie. Fixation de l'anhydride carbonique sur l'acide phosphoénolpyruvique.* Note (*) de MM. Jean Paul Aubert, Gérard Milhaud et Mlle Jacqueline Millet, transmise par M. Maurice Lemoigne.

La bactérie autotrophe *Thiobacillus denitrificans* incorpore le CO_2 par deux processus distincts : l'un par carboxylation du ribulose-diphosphate, l'autre par carboxylation de l'acide phosphoénolpyruvique. 90 % du CO_2 total sont incorporés par la première voie, 10 % par la seconde.

Nous avons montré précédemment que le mode d'incorporation de l'anhydride carbonique par les bactéries chimioautotrophes était semblable à celui des organismes photosynthétiques [1], [2].

On pouvait toutefois se demander si la fixation du CO_2 par la carboxydismutase était la seule voie d'entrée de ce composé dans le métabolisme. La répartition de la radioactivité dans les atomes de carbone des acides aspartique et glutamique synthétisés après des temps courts d'exposition des bactéries au $^{14}CO_2$ permet de postuler l'existence d'un second mode d'incorporation; cette hypothèse est vérifiée par des expériences d'enzymologie; enfin nous avons déterminé l'importance relative des deux modes d'incorporation pendant la croissance bactérienne.

Techniques. — Les méthodes de culture de la souche de *Thiobacillus denitrificans* ainsi que toutes les techniques d'isolement des composés intermédiaires formés en présence de $^{14}CO_2$ ont été décrites d'autre part [1], [2].

Pour analyser la radioactivité incorporée dans les différents atomes de carbone de l'acide aspartique nous avons utilisé la 4-aspartique décarboxylase décrite par Senez [3]. Cet enzyme transforme l'acide aspartique en CO_2 et en alanine qui est ensuite dégradée selon la méthode de Van Slyke modifiée par Benson [4]. Cette méthode est également employée pour déterminer la radioactivité du carbone 1 de l'acide glutamique.

Résultats. — 1. *Répartition de la radioactivité dans les acides aspartique et glutamique.* — Après 10 s d'exposition des bactéries au $^{14}CO_2$ la répartition de la radioactivité dans les deux composés est la suivante :

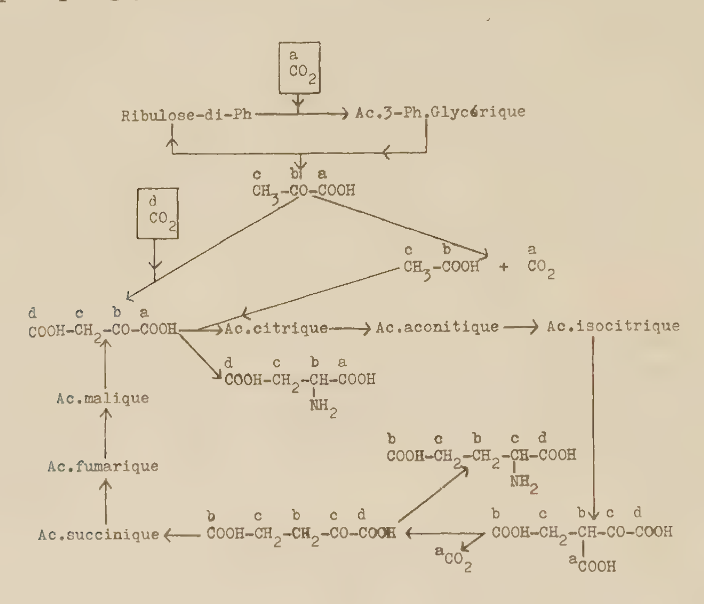
Acide aspartique . .	26 %	dans le	C 1
	74	»	C 4
» glutamique.	92	»	C 1

On sait qu'il existe chez les bactéries chimioautotrophes un cycle d'assimilation du CO_2 analogue au cycle de Calvin [2]; d'autre part l'existence à l'intérieur des bactéries des acides citrique, succinique, fumarique, malique, laisse supposer l'existence d'un cycle de Krebs [2]. Ces deux cycles sont reliés par l'intermédiaire de l'acide pyruvique et sont représentés schématiquement sur la figure ci-après. Les lettres affectées aux atomes de carbone servent uniquement à suivre leurs positions dans les différents composés.

Nous avons vu précédemment [2] que l'acide 3-phosphoglycérique formé après 10 s contient 91 % de sa radioactivité dans le groupe carboxylique, il doit en être de même de l'acide phosphoénolpyruvique qui en dérive.

Le mode de marquage dans les temps courts des acides aspartique et glutamique s'accorde avec l'hypothèse d'une carboxylation au stade

pyruvique et d'un fonctionnement classique du cycle de Krebs. Dans ces conditions en effet, le C 4 de l'acide aspartique doit être plus fortement marqué que le C 1 puisque la radioactivité spécifique du CO_2 incorporé est supérieure à celle du carbone du groupe carboxylique de l'acide phosphoénolpyruvique, la radioactivité du CO_2 incorporé sur le ribulose-diphosphate étant successivement diluée dans les réserves intracellulaires en acide 3-phosphoglycérique et phosphoénolpyruvique.



En ce qui concerne l'acide glutamique, on comprend que la radioactivité soit pratiquement concentrée dans le C 1 puisque le seul groupement marqué de l'acide phosphoénolpyruvique est perdu sous forme de CO_2 au moment de la décarboxylation de l'acide oxalosuccinique en acide α-cétoglutarique.

2. *Fixation du CO_2 par les poudres bactériennes en présence d'acide phosphoénolpyruvique.* — Les cellules séchées contenant des transaminases, le fonctionnement de l'enzyme fixant le CO_2 sur l'acide phosphoénolpyruvique aboutit à la formation d'acide aspartique.

Mélange réactionnel complet : poudres bactériennes : 10 mg, phosphoénolpyruvate ou pyruvate de sodium : 5 μM, $^{14}CO_3Na_2$: 2 μC (0,1 μM). Volume total : 0,3 ml. Incubation : 1 h à 30° dans l'air.

A la fin de l'expérience le mélange réactionnel additionné de 1,2 ml d'alcool à 80 % est porté pendant 1 mn au bain-marie bouillant, l'extrait est ensuite analysé par chromatographie sur papier.

Les poudres bactériennes, en présence de $^{14}CO_2$ seul ou de $^{14}CO_2$ et de pyruvate, n'incorporent pratiquement pas de radioactivité; en revanche, en présence de $^{14}CO_2$ et de phosphoénolpyruvate l'incorporation est impor-

tante et la radioactivité se retrouve presque entièrement sous forme d'acide aspartique. L'analyse de ce composé montre que toute la radioactivité se trouve dans le C 4.

Le CO_2 se fixe donc sur l'acide phosphoénolpyruvique pour donner vraisemblablement de l'acide oxaloacétique qui est ensuite transformé en acide aspartique.

3. *Importance relative des deux modes d'incorporation du* CO_2. — Le mode d'incorporation du CO_2 sur l'acide phosphoénolpyruvique étant établi, nous avons déterminé l'importance de cette voie par rapport à celle de la fixation sur le ribulose-diphosphate.

Après 10 s d'exposition des bactéries au $^{14}CO_2$, les seuls composés ayant une radioactivité appréciable sont : l'acide 3-phosphoglycérique, les hexoses-phosphates, le sédoheptulose-phosphate, le ribulose-diphosphate, l'acide phosphoénolpyruvique et les acides aspartique et glutamique. La radioactivité incorporée dans les acides nucléiques et dans les protéines est pratiquement négligeable.

Dans une telle expérience la radioactivité incorporée par carboxylation du ribulose-diphosphate est représentée par la somme de la radioactivité présente dans les corps phosphorylés décrits ci-dessus plus 26 % de la radioactivité de l'acide aspartique. La radioactivité incorporée par carboxylation de l'acide phosphoénolpyruvique est représentée par 74 % de la radioactivité de l'acide aspartique plus celle de l'acide glutamique.

Pratiquement, on réalise cette expérience en ajoutant à des bactéries en croissance du carbonate radioactif et en les tuant après 10 s de contact. L'analyse des différents composés formés montre qu'environ 10 % du CO_2 total sont incorporés par condensation sur l'acide phosphoénolpyruvique et 90 % sur le ribulose-diphosphate.

Conclusion. — A côté du mode de fixation du CO_2 sur le ribulose-diphosphate, il existe chez *Thiobacillus denitrificans* une autre voie de fixation par carboxylation de l'acide phosphoénolpyruvique. Au cours de la croissance bactérienne, 90 % du CO_2 sont incorporés par la première réaction et 10 % par la seconde. Les deux réactions sont conditionnées par la présence d'une source d'énergie, l'oxydation du thiosulfate ([1]), d'autre part la seconde carboxylation est déterminée par la première grâce à laquelle l'acide phosphoénolpyruvique est synthétisé.

(*) Séance du 7 janvier 1957.

([1]) J. P. AUBERT, G. MILHAUD et J. MILLET, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2059.

([2]) G. MILHAUD, J. P. AUBERT et J. MILLET, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 102.

([3]) J. P. AUBERT, G. MILHAUD et J. MILLET, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

([4]) J. C. SENEZ et J. CATTENEO-LACOMBE, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 941.

([5]) in M. CALVIN et coll., *Isotopic Carbon*; J. Wiley, New-York, 1949, p. 260.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur quelques nouveaux thioamides isonicotiques substitués et leur activité dans la tuberculose expérimentale.* Note de MM. **David Libermann**, **Maurice Moyeux**, **André Rouaix**, **Noël Rist** et Mme **Françoise Grumbach**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Des nouveaux thioamides isonicotiques substitués dans le noyau ont été synthétisés. Leur pouvoir tuberculostatique a été étudié.

Nous avons signalé récemment ([1]) que l'activité tuberculostatique *in vitro* et *in vivo* du thioamide isonicotique (T. I.) est considérablement augmentée par l'introduction de groupements alcoyles en position α du noyau. Poursuivant notre recherche, nous avons préparé et examiné les thioamides isonicotiques suivants :

Composé.	*In vitro* Concentration inhibitrice (μg/ml) Souche H 37 RV.	*In vivo* Dose efficace (mg par souris et par jour) Souche H 37 RV.
Thioamide α-isopropyl-isonicotique	1,2	0,5
Thioamide α-*n*-butyl-isonicotique	0,6	0,25
Thioamide α-*n*-amyl-isonicotique	0,6	1
Thioamide α-*n*-hexyl-isonicotique	2,5	2
Thioamide triméthylène-2 : 3-isonicotique	Inactif à 40	–
Thioamide α-phényl-isonicotique	Inactif à 40	–
Thioamide α-benzyl-isonicotique	0,30	0,5
Thioamide méthyl-2 éthyl-5-isonicotique	40	–
N-oxyde de thioamide méthyl-2 éthyl-5-isonicotique	Inactif à 40	–
Thioamide α-chloro-isonicotique	Inactif à 40	Inactif 2
Thioamide isonicotique	20	1

Comme nous l'avons indiqué dans une Note précédente ([2]), les thioamides isonicotiques substitués se préparent à partir des nitriles correspondants par l'action de H_2S en présence de triéthanolamine. Les nitriles étaient préparés par déshydratation des amides, qui provenaient eux-mêmes de l'ammonolyse des esters correspondants. Pour la déshydratation des amides nous avons utilisé avec succès la nouvelle méthode de Delaby et coll. ([3]), qui consiste dans le traitement des amides par l'oxychlorure de phosphore et la pyridine.

Les 7 premiers esters isonicotiques substitués ont été obtenus à partir des acylpyruvates d'éthyle correspondants, suivant la méthode indiquée précédemment ([2]). L'œnanthyl-pyruvate d'éthyle et le phénylacétylpyruvate d'éthyle n'ont pas été distillés et ont été condensés avec le cyanacétamide à l'état brut.

Les constantes des carbéthoxy-4 cyano-3 pyridones-2, des carboxy-4

pyridones-2, des chloro-2 isonicotates d'éthyle et des isonicotates d'éthyle, produits intermédiaires dans la synthèse des thioamides, sont consignées dans le tableau suivant :

(Formules : cyano-3 pyridone-2 carboxylate-4 d'éthyle ($COOC_2H_5$, CN, R_1, R_2, =O, NH) ; acide pyridone-2 carboxylique-4 ($COOH$, R_1, R_2, =O, NH) ; chloro-2 isonicotate d'éthyle ($COOC_2H_5$, R_1, R_2, Cl, N) ; isonicotate d'éthyle ($COOC_2H_5$, R_1, R_2, N))

R_1.	R_2.	F (°C).	F (°C).	(°C).	(°C).
$i\,C_3H_7$	H	197 *a*	340 *b*	$É_7$ 142–148	$É_6$ 118–122
$n\,C_4H_9$	H	114	225	$É_5$ 148	$É_4$ 124–130
$n\,C_5H_{11}$	H	117	232	$É_7$ 150–155	$É_4$ 132–135
$n\,C_6H_{13}$	H	120	226–228	$É_5$ 185–188	$É_6$ 162–166
$-CH_2CH_2CH_2-$		206	370	F 85	Non distillé
C_6H_5	H	237 *c*	342 *d*	F 88–89*e*	F 44 *f*
$C_6H_5CH_2$	H	167–168	320–325	$É_9$ 185–189	$É_4$ 187–190

Isler e Coll. ([4]) signalent les constantes suivantes : *a*. 189-191° ; *b*. 343-345° ; *c*. 228-230° ; *d*. 330° ; *e*. 89° ; *f*. 42-43°

Le méthyl-2 éthyl-5 isonicotate d'éthyle a été obtenu par Isler et Coll. ([4]) avec un rendement de 2 % à partir de la méthyl-2 éthyl-5 pyridine par la méthode de Dorp et Arens ([5]).

Nous avons préféré avoir recours à la méthode de Besson et Cohen ([6]). Cette méthode, après quelques modifications, nous a permis de préparer le méthyl-2 éthyl-5 isonicotate de méthyle avec un rendement acceptable. Les formules suivantes montrent le principe de cette synthèse :

$$RH \xrightarrow[CH_3COOH]{H_2O_2} R'H \xrightarrow[SO_4H_2]{NO_3H} R'NO_2 \xrightarrow[Pd,\,C_2H_5OH]{H_2} R'NH_2$$

$$\xrightarrow[CNCu+]{NO_2Na} R'CN \begin{cases} \xrightarrow{H_2S} R'CSNH_2 \\ \xrightarrow{NaOH} R'COOH \xrightarrow[SO_4H_2]{CH_3OH} R'COOCH_3 \end{cases}$$

$$\xrightarrow[Pd,\,CH_3COOH]{H_2} R.COOCH_3 \xrightarrow{NH_3} RCONH_2 \xrightarrow{P_2O_5} R.CN \xrightarrow{H_2S} RCSNH_2$$

(Formules : R = pyridyle substitué par C_2H_5 et CH_3 ; R' = N-oxyde correspondant, $O \leftarrow N$, C_2H_5, CH_3)

	Amides F (°C).	Nitriles F et E (°C).	Thioamides F (°C).	Thioamides Composition.
α-isopropyl-isonicotyl-	– (a)	non distillé	132	$C_9H_{12}N_2S$
α-n-butyl-isonicotyl-	122	$É_8$ 102-112	135	$C_{10}H_{14}N_2S$
α-n-amyl-isonicotyl	105	$É_4$ 116-126	108	$C_{11}H_{16}N_2S$
α-n-hexyl-isonicotyl-	106-108	$É_6$ 145-150	124-125	$C_{12}H_{18}N_2S$
Triméthylène-2 : 3-isonicotyl-	190	non distillé	198 (déc.)	$C_9H_{10}N_2S$
α-phényl-isonicotyl-	137	F 75	157	$C_{12}H_{10}N_2S$
α-benzyl-isonicotyl-	155-158	$É_6$ 175-180	150	$C_{13}H_{12}N_2S$
Méthyl-2 éthyl-5-isonicotyl-	205	non distillé	185 (déc.)	$C_9H_{12}N_2S$
N-oxyde méthyl-2 éthyl-5-isonicotyl-	–	114	190	$C_9H_{12}ON_2S$
α-Chloro-isonicotyl-	–	60-65	174	$C_6H_5N_2SCl$

a. Une masse pâteuse.

Le thioamide chloro-2 isonicotique a été préparé à partir de l'amide isonicotique par analogie avec la méthode de Taylor et Coll. [7], qui avaient traité l'amide nicotique.

On transforme l'amide isonicotique en son oxyde par l'action de l'eau oxygénée en milieu acétique, F 304° (déc.). Attaqué par l'oxychlorure et le pentachlorure de phosphore, l'oxyde de l'amide isonicotique se transforme en nitrile chloro-2 isonicotique F 60-65°. Ce dernier, par le traitement habituel, fournit le thioamide correspondant.

Les thioamides isonicotique sont fourni des analyses tout à fait concordantes.

(1) F. Grumbach, N. Rist, D. Libermann, M. Moyeux, S. Cals et S. Clavel, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2187.

(2) D. Libermann, M. Moyeux, N. Rist, et F. Grumbach, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2409.

(3) R. Delaby, Tsatsas et Lucsinchi, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2644.

(4) Isler, Gutmann, Straub, Fust, Bohni et Studer, *Helv. Ch. Act.*, 38, 1955, p. 1033,

(5) *Rec.*, 66, 1947, p. 189.

(6) *J. Org. Ch.*, 20, 1955, p. 1461.

(7) Taylor, Crovetti et Loux, *J. Amer. Chem. Soc.*, 77, 1955, p. 5445.

VIROLOGIE. — *Évolution de particules incomplètes de virus grippal de types* A *et* B *dans différents milieux de culture*. Note de M[lle] **Geneviève Cateigne** et M. **Jorge Vigouroux**, présentée par M. René Dujarric de la Rivière.

En 1928, M. R. Dujarric de la Rivière pensa que le virus grippal qu'il avait découvert en même temps que Charles Nicolle et Le Bailly pourrait être en rapport avec une transformation du bacille de Pfeiffer. Il constata que le bacille de Pfeiffer, qui ne traverse pas les filtres lorsqu'il est en culture, devient filtrant après avoir été transformé en fins granules par passage dans le péritoine d'un cobaye (1).

Lorsque les virus de la grippe sont cultivés suivant les méthodes habituellement employées dans les laboratoires, lorsque, par exemple, on utilise comme « inoculum » un liquide virulent dilué, le rapport entre pouvoir infectant et activité hémagglutinante est remarquablement constant. Lorsque l'hémagglutinine est titrée par la méthode de Salk, une unité hémagglutinante est égale à 10^6 doses infectantes pour les cellules allantoïques de l'œuf embryonné. Dans ce cas, la majeure partie des particules de virus grippal présentes est pleinement active.

Dans certaines conditions expérimentales (qui, toutes demandent l'emploi de grandes concentrations de liquide virulent), les particules de virus obtenues sont hémagglutinantes, mais apparemment non infectantes. Le rapport peut être tel que sur 10 000 particules hémagglutinantes, une seule est infectante.

Les particules hémagglutinantes et non infectantes ont été appelées « virus incomplet », en opposition avec le virus pleinement actif (virus complet) (P. Von Magnus) ([2]).

Une expérience (non encore publiée) faite à partir d'éléments granulaires stabilisés provenant d'un Streptocoque hémolytique (forme L), éléments que nous avons ultrafiltrés sur membranes Gradocol de différentes tailles, nous a montré qu'à partir d'éléments submicroscopiques, visibles seulement au microscope électronique, on peut obtenir, par une technique que nous décrirons ultérieurement, le germe initial, dans ce cas, un Streptocoque hémolytique.

En présence de ces données, nous nous sommes demandé si le « virus incomplet », dans le cas du virus grippal, qui possède toutes les caractéristiques antigéniques, sérologiques, hémagglutinantes d'un virus normal, mais qui n'est plus infectant pour la cellule sensible, ne pouvait évoluer, dans certaines conditions, en dehors de la cellule.

La théorie suggérant que les virus proviennent de bactéries par une perte de structure et de fonctions leur donnant la possibilité d'adopter un substrat intracellulaire pour permettre, dans certaines conditions, leur multiplication, nous a fait penser que ces éléments submicroscopiques (correspondant très sensiblement aux microsomes) pourraient peut-être évoluer, dans certaines conditions, en dehors de la cellule.

Nous avons donc préparé un « virus incomplet » à partir de la souche de virus grippal A-PR 8; nous avons suivi le comportement de ce virus en l'inoculant à des œufs embryonnés de sept jours, par voie vitelline, en l'utilisant à différentes dilutions et en pratiquant des prélèvements à des périodes variées d'incubation.

A chaque prélèvement, l'examen microscopique, par la méthode de coloration de Gram, a été effectué sur le vitellus, la membrane vitelline et le liquide amniotique.

Nous avons ensemencé en bouillon Martin et sur gélose au sang 0,5 cm^3 du vitellus de chacun de ces embryons.

Ces cultures, maintenues à l'étuve à 37°, ont été observées quotidiennement au microscope après coloration par la méthode de Gram. Les repiquages effectués dans le temps ont été faits sur différents milieux améliorés, liquides et solides, suivant l'évolution observée. Cette expérience, renouvelée six fois avec, parallèlement, deux souches de virus grippal [A-PR 8 et B. Paris (1), 1956] a donné les mêmes résultats.

Les phénomènes observés consistent en une transformation morphologique, qui évolue suivant les milieux utilisés, la température et le temps. Nous avons pu observer que le « virus incomplet » se transforme progressivement en très petits granules Gram positifs, à la limite de la visibilité microscopique optique, que ces granules Gram positifs s'orientent et donnent des éléments bacilliformes longs, trapus, mal colorés et granuleux. On note ensuite une division de ces éléments, qui donnent naissance à de petits corps ovoïdes gonflés, en amas, les uns Gram-positifs, les autres faiblement Gram-négatifs. La suite de l'évolution donne des condensations « Gram-positif » soit à la partie centrale, soit aux extrémités. La substance entourant cette condensation disparaît et l'on constate la présence d'éléments libres ayant la morphologie de cocci. Ces éléments se multiplient *in vitro* en milieu solide amélioré.

Les phases détaillées de l'évolution seront décrites dans un Mémoire ultérieur; les premiers stades correspondent aux images observées dans les formes L des bactéries, les stades plus évolués témoignent de caractères bactériens.

Nous sommes arrivés à obtenir la forme adulte, qui présente certaines caractéristiques d'un Staphylocoque doré.

Ce germe, qui se stabilise difficilement sur milieux ordinaires, vire le milieu de Chapmann, n'est pas « typable » ni du point de vue sérologique ni du point de vue lysotypique; il est résistant à la pénicilline, à la terramycine, à l'auréomycine, très faiblement sensible à la chloromycétine et un peu plus sensible à la streptomycine. Quelques légères différences sont notées, quant à leurs propriétés sérologiques et à leur sensibilité aux antibiotiques entre les deux germes provenant, l'un de la souche de virus grippal A-PR 8, l'autre de la souche B Paris 56 (type Bon). Des différences pigmentaires s'observent également.

Ainsi, à partir de particules incomplètes de virus grippal (types A et B), nous avons pu obtenir un germe identifiable à un coccus. Ce fait, en modifiant certaines données de base, ouvre la porte à l'étude de la relation et de la filiation morphologique et génétique des éléments submicroscopiques cellulaires.

Ces expériences permettent d'admettre l'existence d'une « unité repro-

ductive minima », qui, dans certaines conditions, présente les attributs des virus et dépend des cellules hôtes, et dans d'autres conditions, a une possibilité de vie indépendante, de croissance, de reproduction, en milieux nutritifs appropriés.

(1) R. Dujarric de la Rivière, *Jubilé Pfeiffer* (*Centralbaltt für Bakt. Paras. und Inf.*, 106, 1928, p. 30-31).

(2) *Advanves in virus research*, n° 2, 1954, p. 59-79.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la mise en évidence de réactions immunologiques par rhéophorèse sur papier.* Note de MM. **Carel-Jan Van Oss**, **Michel Fontaine**, Mmes **Léone Dhennin** et **Micheline-P. Fontaine**, présentée par M. Gaston Ramon.

La précipitation résultant d'une réaction antigène-anticorps peut être réalisée en milieu liquide [K. K. Kraus (1)], ou en milieu gélifié [J. Oudin (2), O. Ouchterlony (3)]. La méthode en milieu liquide a des applications limitées. La méthode en gel a des inconvénients :

1° Longue durée;

2° Variations imprévisibles dans les dilutions des réactifs au sein de la gélose;

3° Abondance nécessaire des réactifs;

4° Préparation délicate des milieux.

La réaction sur papier a été réalisée par M. Macheboeuf et collaborateurs (4) après déplacement de l'antigène par l'action combinée d'un champ électrique et d'une évaporation à un endroit donné du papier (électrorhéophorèse). L'utilisation d'un champ électrique complique l'opération (migration de toutes les protéines vers l'anode) et diminue la reproductibilité des résultats (échauffement, freinage par électro-osmose).

Nous avons réalisé, par évaporation dirigée pendant un temps court, la migration en sens contraire dans du papier filtre de très petites quantités de sérum et d'antigène dont le rapport initial est conservé : ainsi est obtenue sur ce substrat la réaction spécifique. Nous proposons pour cette méthode le nom de « rhéophorèse ».

Technique. — Des bandes de papier (Arches 302) sont montées, pour raison de commodité (5), sur une cuve d'électrophorèse dont les réservoirs contiennent à niveau égal, une solution tamponnée à pH 7,4 de force ionique $\mu = 0{,}02$ (la faible force ionique évite un excès de sel à l'endroit de la réaction), et pouvant contenir jusqu'à 20 % d'éthanol, utile dans les conditions où il y a un excès d'un réactif par rapport à l'autre [P. Grabar et J. Oudin (6)], mais de ce fait néfaste à un dosage précis. L'appareil

peut être placé dans une étuve saturée de vapeur d'eau à une température variable selon le système antigénique en cause.

Préparation. — Après l'imbibition des bandes de papier, on dispose en leur milieu suivant un trait, 15 mm³ de la solution antigénique en eau physiologique. A 15 mm à gauche de l'antigène, une même quantité d'une dilution en eau physiologique de sérum est déposée de la même façon.

Premier temps. — Une fente de 5 cm, aménagée par deux plaques de verre déposées sur la cuve symétriquement par rapport au milieu des bandes de papier, permet une évaporation qui, en 2 h, provoque la rencontre des réactifs.

Deuxième temps. — La précipitation s'effectue pendant au moins 3 h, la cuve étant complètement recouverte.

Troisième temps. — Les protéines n'ayant pas pris part à la réaction sont déplacées pendant plus de 2 h par une évaporation effectuée sur le côté droit de la cuve. Les protéines précipitées se déplacent très peu pendant cette dernière opération; elles peuvent être révélées par le bleu de bromophénol, après séchage à 110° C pendant 10 mn, en un trait mince et foncé, d'autant plus marqué que l'antigène et l'anticorps sont plus concentrés et que leur rapport est plus proche de l'optimum d'une bonne précipitation. Ce trait se distingue très bien sur une bande légèrement colorée due probablement à un dépôt d'euglobulines. La constatation de plusieurs traits doit évoquer un phénomène de R. E. Liesegang (⁷) propre aux réactions de précipitation en milieu solide avant d'être interprêtée comme la traduction d'une pluralité antigénique.

Nous avons utilisé la rhéophorèse avec des résultats reproductibles pour la réaction antigène-anticorps relative à l'anatoxine tétanique. Nos essais en cours relatifs à l'anatoxine diphtérique, l'antigène méthylique tuberculeux et les virus de l'hépatite contagieuse du Chien, de la fièvre aphteuse et de la maladie de Newcastle semblent offrir de grandes possibilités.

(¹) *Gesellschaft der Aertzte in Wien* (30 avril 1897), (in J. Bordet, *Ann. Inst. Pasteur*, 13, 1899, p. 225.

(²) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 115.

(³) *Arkiv. Kemi.*, B 25, 1948, p. 14.

(⁴) M. Macheboeuf, P. Rebeyrotte, J.-H. Dubert et M. Brunerie, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 35, 1953, p. 334.

(⁵) A défaut d'une cuve d'électrophorèse, on peut se servir de deux cuves de tailles différentes, dont la plus petite, vide, est montée au milieu de la plus grande remplie de tampon. Les bandes de papier font un pont sur la petite cuve intérieure, et leurs extrémités plongent, fixées par des poids, dans le tampon de la grande cuve.

(⁶) *Ann. Inst. Pasteur*, 69, 1943, p. 195.

(⁷) *Naturw. Wochenschr.*, 11, 1896, p. 353 et *Chem. Reaktionen in Gallerten*, 2, Aufl, Dresden, 1924.

CANCÉROLOGIE. — *Production de tumeurs malignes consécutives à des lésions des fibres sympathiques du nerf sciatique chez le Cobaye.* Note de MM. **Roger Coujard** et **Fernand Heitz**, présentée par M. Christian Champy.

Nous avons montré dans une Note précédente [1] que le déséquilibre de l'influence nerveuse sur les tissus, causé par des lésions de préférence unilatérales des ganglions sympathiques, provoque dans les tissus des croissances anormales qui peuvent aboutir à la formation de tumeurs dites bénignes; les lésions du diencéphale ont souvent les mêmes conséquences.

Dans une autre Note [2], nous avons signalé après lésion du diencéphale, l'apparition d'un ostéochondrome de la patte avec métastases pulmonaires chez le cobaye, animal chez lequel on ne connaît pas de cancers spontanés.

Dans les lésions des ganglions sympathiques périphériques, comme dans celles du diencéphale, on n'est jamais certain d'atteindre les mêmes groupes cellulaires, ce qui explique l'irrégularité des résultats.

Les lésions de nerfs définis (lésions des fibres testitulaires du ganglion génital), paraissent produire avec grande fréquence les mêmes tumeurs (adénomes sous-maxillaires), tandis que les lésions du ganglion qui, pour des raisons techniques, ne peuvent pas être aussi précises, ne les produisent que plus rarement, réalisant par ailleurs des lésions prolifératrices d'organes divers.

Il y avait donc un intérêt évident à essayer de reproduire des lésions squelettiques semblables à cet ostéochondrome sarcoïde, en s'attaquant à des faisceaux nerveux définis.

Puisqu'une atteinte diencéphalique pouvait créer des perturbations sarcomateuses d'une patte, cela impliquait l'existence d'une subordination de neurones dont la voie devait nécessairement emprunter un tronc nerveux destiné au membre; c'est pour cela que nous avons lésé le sciatique à la cuisse car, dans le membre postérieur, presque toutes les fibres qui atteignent l'extrémité, sont groupées anatomiquement dans le sciatique, qu'elles soient sympathiques ou cérébrospinales.

Pour créer la lésion il suffit de mettre le nerf à nu, de le piquer sur un millimètre de longueur en le dissociant avec précaution avec l'aiguille à injection hypodermique, montée sur une seringue contenant quelques gouttes d'une solution de phénol à 5 ou 10 %. La cicatrisation consécutive est bonne. Il n'y a généralement pas d'anesthésie sensible ni de paralysie, ce qui s'explique parce que les fibres myélinisées sensitivo-motrices sont protégées par leur gaine de myéline.

Dans ces conditions, on provoque l'apparition de tumeurs de la patte

correspondante (7 fois sur 15 opérés suivis); un huitième a donné une tumeur non squelettique. Les chances de réussites augmentent avec l'amélioration de la technique : 3 cas sur 4 dans une série récente. Chez l'animal actuellement indemne, la phénolisation avait porté d'ailleurs sur le sciatique externe et non sur le tronc sciatique.

Les tumeurs apparaissent plus rapidement (entre 7 jours et 3 semaines) que celles obtenues après lésion diencéphalique (un an).

Les altérations osseuses sont visibles à la radiographie qui permet d'en suivre l'évolution; elles montrent des aspects typiques d'ostéosarcomes.

L'un des signes de la prolifération osseuse en pathologie humaine est la fixation élective du gallium radioactif (gallium 67); lorsqu'elle atteint le rapport de 200 % comparée à la région symétrique non tumorale, la tumeur peut être considérée comme une tumeur maligne.

Le test au gallium fut pratiqué par R. Guérin qui a injecté 85 μC de gallium 67 avec du gallium stable comme entraîneur.

Au 5e jour, la mesure au compteur à scintillation donnait une activité réelle par minute, compteur au contact :

Pour la tumeur : 17 011 coups/mn;

Pour l'os sain symétrique : 3 081 coups/mn.

L'hyperfixation traduit donc une intense activité ostéogénique anarchique.

L'examen histologique montre que ces tumeurs ont une structure analogue à celle étudiée dans la Note précédente. L'examen des divers organes ne permet pas toujours de retrouver des métastases. Il n'est pas encore terminé pour tous les cobayes. On a d'ailleurs intérêt à les conserver longtemps pour permettre l'évolution éventuelle de métastases.

L'un des cobayes opérés, mort le 18e jour, présentait un sarcome globocellulaire dont l'origine est difficile à préciser. Il s'était généralisé au testicule, au poumon, à la rate, à l'intestin. Ce sarcome forme des nodules qui se nécrosent dans leur partie centrale et dont la périphérie est constituée de cellules fusiformes d'origine conjonctive ou musculaire, gonflées, à noyaux monstrueux. Les mitoses n'y sont pas très abondantes.

— Dans la rate, des nodules sont parfaitement isolés au milieu du tissu splénique. Dans le poumon, ils infiltraient à peu près tout l'organe, ce qui paraît avoir été la cause de la mort.

— Dans le nerf sciatique symétrique (non lésé), nous avons trouvé un épaississement au contact du sciatique poplité interne au-dessous du genou, dans l'espace interosseux; cet épaississement était constitué par un ganglion sympathique diffus; des cellules ganglionnaires abondantes occupaient la région marginale des différents faisceaux du nerf. Dans l'un d'eux il n'y avait plus de fibres nerveuses, mais une petite formation épithéliale à structure épendymaire entourée d'un peu de tissu d'apparence névro-

glique. Nous avons recherché si un tel ganglion existait au même endroit dans des sciatiques normaux. Nous ne l'avons pas retrouvé. Il apparaît donc que ce ganglion s'est développé probablement aux dépens des cellules des gaines sous l'influence de la perturbation créée sur les fibres symétriques.

Les troubles de la régulation ostéo-périostique, sous l'influence de lésions des fibres sympathiques sont donc fréquemment à l'origine de tumeurs malignes chez le Cobaye.

Il est à remarquer qu'en s'attaquant aux fibres intrasciatiques, on a plus de chances de léser un faisceau défini de fibres que si l'on opère sur un centre ganglionnaire ou encéphalique, mais on n'est jamais certain cependant de les léser toutes également, ce qui peut expliquer les cas négatifs.

Le retentissement possible sur les fibres symétriques est un fait curieux qui met en évidence la propriété d'évolution tardive du système nerveux sympathique sur laquelle l'un de nous a souvent insisté.

(1) Coujard et coll., *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2453.
(2) Chevreau et Coujard, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 2017; 242, 1956, p. 2676.

La séance est levée à 16 h 20 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1957 (*suite*).

The violet and ultraviolet regions of the spectra of the N-type stars, by Pol Swings, A. Mc Kellar, K. N. Rao; 1 fasc. s. d., 25 cm.

Sur le système aplanétique de deux miroirs dans le cas d'un point objet situé à distance finie, par F. Bureau, Pol Swings. Extrait de la *Revue d'optique théorique et instrumentale*. T. XIII, 1934. Bordeaux, Imprimerie Delmas, Chapon, Gounouilhou; 1 fasc. 24 cm.

Les spectres de résonance des molécules diatomiques, par Pol Swings. Extrait de *Acta physica polonica*. T. V, 1936; 1 fasc. 24 cm.

Note sur la rotation axiale dans les étoiles doubles spectroscopiques, par Pol Swings. Extrait de *Zeitschrift für Astrophysik*. Band XII. Heft 1. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1936; 1 fac. 23 cm.

The origin of unidentified interstellar absorption lines, by Pol Swings, Y. Öhman, from *The Observatory*. Vol. LXII, nº 781, 1939; 1 fasc. 21 cm.

The spectrum of nova monocerotis 1939, by Pol Swings, Otto Struve, from *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. Vol. LIII, nº 311, 1941; 1 feuillet 23 cm.

Molécules polyatomiques dans les étoiles carbonées froides, par Pol Swings. Extrait du *Journal de physique et le Radium*. T. XV, 1954. Paris, Gauthier-Villars; 1 feuille 27 cm.

Extraits de *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. XXVI, nº 7, 1940 : HD 167362, *an object similar to Campbell's hydrogen envelope star*, by Pol Swings, Otto Struve. *The spectrum of RW Hydrae*, by Pol Swings, Otto Struve. Vol. XXVII, nº 9, 1940 : *The spectrum of BD + 30° 3369*, by Pol Swings, Otto Struve. Vol. XXVII, nº 5, 1941 : *Two interesting nuclei of planetary nebulae. IC 418 and NGC 40*, by Pol Swings, Otto Struve; 4 fasc. 25,5 cm.

Un exemple de coopération scientifique, par Pol Swings. Extrait de *Renaissance*. Vol. I, fasc. 1 et 2. New York, 1943; 1 fasc. 25 cm.

The physical chemistry of comets, by Pol Swings. Reprinted for *Popular astronomy*. Vol. LI, nº 8, 1943; 1 feuille 25,5 cm.

A strong infra-red radiation from molecular nitrogen in the night sky, by Joel Stebbins, A. E. Whitford, Pol Swings. Reprinted from *The physical Review*. Vol. LXVI, nºs 7-8, 1944; 1 feuille 26 cm.

État actuel de nos connaissances sur la physique des comètes, par Pol Swings. Extrait de la *Revue trimestrielle canadienne*, 1943. Montréal, 1944; 1 fasc. 23 cm.

Spectroscopic problem of astronomical interest, by Pol Swings. Reprinted from *Journal of the optical society of America*. Vol. XLI, nº 3, 1 fasc. 26 cm,5.

Centre national de recherches métallurgiques. Section de Liège. *Étude des propriétés mécaniques et de l'aptitude à la déformation à froid de l'acier Thomas amélioré*, par R. Lambas, H. Hubert, F. Montrieux. *Note sur un type de spectrographe à réseau concave*, par Pol Swings, publié par la Revue universelle des Mines. Liège, nº 11, 1952; 1 fasc. 30 cm.

Extraits des actes du *Congrès de Luxembourg*, 72ᵉ session de l'Association française pour l'avancement des sciences, juillet 1953. *Le spectre de l'étoile variable BF Cygni*, par Pol Swings, J. Swensson. *Nouvelles relations entre les spectres de comètes et étoiles carbonées*, par Pol Swings.; 2 feuilles 24 cm.

La découverte et l'emploi de la bombe atomique pendant la dernière guerre, par Pol Swings. Extrait de *Énergie nucléaire et bombe atomique*, nº 4, 1954; 1 fasc. 22,5 cm.

L'enseignement de l'océanographie et les recherches dans ce domaine, par Pol Swings. Extrait du *Bulletin de l'Association des Amis de l'Université de Liège*, nº 1, 1955; 1 fasc. 24,5 cm.

The spectral sequence and its anomalies. I. Objective prism spectra, by J. J. Nassau. Reprinted from *Transactions of the International Astronomical Union*. Vol. VIII, 1948; 1 fasc. 24,5 cm.

(*A suivre*).